

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-164960

(43)Date of publication of application : 19.06.2001

(51)Int.Cl.

F02D 29/06

B60K 6/02

B60L 11/14

(21)Application number : 11-352898

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 13.12.1999

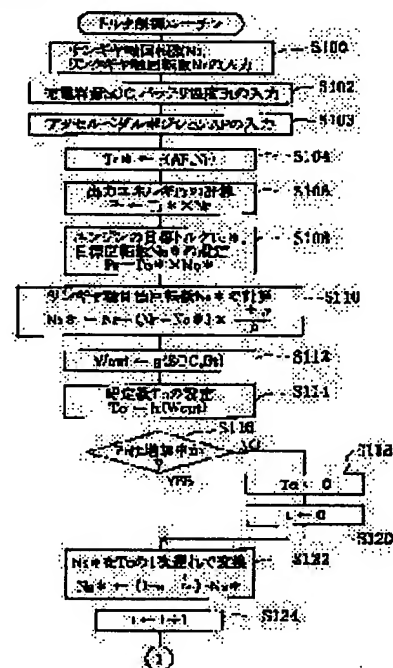
(72)Inventor : SASAKI SHOICHI

(54) POWER OUTPUT DEVICE AND POWER OUTPUT METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress noise generation from a motor and to suppress excessive energy consumption in a transient time where required power is fluctuated.

SOLUTION: An output shaft of an engine, a rotary shaft of a first motor, and a driving shaft (rotary shaft of a second motor) are connected to each other through a planetary gear. Engine speed is adjusted by controlling the first motor. Power is added according to necessity, by the second motor connected to the driving shaft. In order to control the power to be output to the driving shaft, response speed of a target engine speed N_s^* of a sun gear shaft is controlled (S122) so as to gradually shift the target engine speed N_s^* to a desired value by primary delay control, in a transient time where output energy P_r relevant to required power is increased (S116). As a result, the engine speed determined by controlling engine speed N_{sr} of the sun gear shaft is fluctuated while softly following up with the increase of the output energy P_r . Power shortage at this time is compensated by the second motor.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A demand power setting-out means to set up the demand power which is the power output unit which is equipped with a prime mover and a motor and outputs power to a driving shaft, and should be outputted to said driving shaft, An operational status setting-out means to set up the operational status of said prime mover based on the set-up this demand power, The prime-mover control means which controls said prime mover so that said prime mover is operated by the set-up this operational status, It has the motor control means which controls said motor so that said demand power is outputted to said driving shaft based on the power outputted from said driving shaft with control of said prime mover by this prime-mover control means. Said prime-mover control means is a power output unit equipped with the delay control means which performs delay control which controls the speed of a response of control of said prime mover in the transient which increases said demand power.

[Claim 2] The operational status of said prime mover set up with said operational status setting-out means is a power output unit according to claim 1 which is the rotational speed of said prime mover.

[Claim 3] It is the power output unit equipped with a time constant setting-out means to set up the time constant of the delay by said delay control based on said accumulation-of-electricity condition that said delay control means was detected by said accumulation-of-electricity condition detection means, by having an accumulation-of-electricity condition detection means to detect the accumulation-of-electricity condition of an accumulation-of-electricity means to be a power output unit according to claim 1 or 2, and to supply power to said motor.

[Claim 4] Said time constant setting-out means is a power output unit according to claim 3 which is a means to set up so that the amount of accumulation of electricity of said accumulation-of-electricity means is large and said time constant may become large.

[Claim 5] Said operational status setting-out means is a power output unit according to claim 1 to 4 which is a means to set up the operational status of this prime mover so that the effectiveness of said prime mover may become high.

[Claim 6] While it is a power output unit according to claim 1 to 5 and said motor is a configuration connected to said driving shaft When it has a revolving shaft, it has three shafts respectively combined with this revolving shaft, the submotor which performs an exchange of power, and said driving shaft, output shaft of said prime mover and said revolving shaft and power is outputted and inputted among these three shafts to any 2 shafts, It is a power output unit equipped with a means to control the operational status of said prime mover through as opposed to [have a 3 shaft type power I/O means to output and input the power which becomes settled based on the this power outputted and inputted to one residual shaft, and] said motor's and a submotor in said prime-mover control means exchange of power.

[Claim 7] It is the power output method which outputs power to a driving shaft using a prime mover and a motor. While controlling said prime mover so that the demand power which should be outputted to said driving shaft is set up, the operational status of said prime mover is set up based on the this set-up demand power and said prime mover is operated by the this set-up operational status Control said motor so that said demand power is outputted to said driving shaft based on the power outputted from said driving shaft with control of this prime mover, and it sets to control of said prime mover further. The power output method which performs delay control which controls the

speed of a response of control of said prime mover in the transient which increases said demand power.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the power output unit and power output method which are equipped with a prime mover and a motor and output power to a driving shaft.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the so-called configuration of a hybrid car is proposed for the purpose of the fast improvement in the fuel consumption of prime movers, such as a gasoline reciprocating engine, or the emission-gas-purification engine performance. The thing of a series hybrid method which it will generate electricity by driving a generator by the prime mover if a hybrid car is roughly divided, and drives a motor with the generated power, and obtains the driving force of a car, and the thing of a parallel hybrid system which combines a prime mover and a motor with a driving shaft, respectively, and obtains the driving force of a car with a prime mover and a motor are known.

[0003] Since the power outputted from the prime mover can be outputted to a driving shaft with the rotational speed and torque of arbitration with any method, a prime mover becomes possible [choosing the operating point when operation effectiveness is high, and operating]. The thing of a publication is proposed by JP,10-98805,A as an example of such a power output unit. This power output unit is constituted by controlling a motor so that the part which runs short under the power outputted from a prime mover may be compensated with the power outputted from a motor, while incorporating the demand power of the operator who becomes settled in an accelerator opening, deciding the target power of a prime mover on the operating point when operation effectiveness is high based on this demand power and controlling operation of a prime mover by this target power.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In said Prior art, when an operator operates an accelerator pedal and demands fluctuation of an output, since the target power of a prime mover is decided based on the demand power, buildup of the above-mentioned demand power is followed quickly, and the operational status (as an example, it is rotational speed) of a prime mover is first, changed to it. Since actuation of the accelerator pedal by the operator is changed delicately, the operational status of a prime mover will be changed frequently. For this reason, the room of improvement of needing the problem which the noise which changes from a prime mover complicatedly generates, and the useless energy expenditure for changing operational status frequently was found out.

[0005] Then, the power output unit and power output method of this invention aim at suppressing generating of the noise from a prime mover, and holding down useless energy expenditure in the transient to which demand power is changed.

[0006]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness] In order to solve the above-mentioned technical problem, the power output unit of this invention A demand power setting-out means to set up the demand power which is the power output unit which is equipped with a prime mover and a motor and outputs power to a driving shaft, and should be outputted to said driving shaft, An operational status setting-out means to set up the operational status of said prime mover based on the set-up this demand power, The prime-mover control means which controls said prime mover so that said prime mover is operated by the set-up this operational status, It has the

motor control means which controls said motor so that said demand power is outputted to said driving shaft based on the power outputted from said driving shaft with control of said prime mover by this prime-mover control means. Said prime-mover control means makes it a summary to have the delay control means which performs delay control which controls the speed of a response of control of said prime mover in the transient which increases said demand power.

[0007] The operational status of a prime mover is set up based on the demand power which should be outputted to a driving shaft, and while a prime mover is controlled by the prime-mover control means so that a prime mover is operated by the set-up operational status, a motor is controlled by the power output unit of the above-mentioned configuration by the motor control means so that demand power is outputted to a driving shaft based on the power outputted from a driving shaft with control of the prime mover. Furthermore, the speed of a response of control of the prime mover in the transient which increases demand power is controlled by the delay control means prepared in the prime-mover control means. For this reason, in the transient to which demand power increases, buildup of that demand power is followed gently and control of a prime mover is made. Since control of a motor is made based on the power outputted from a driving shaft with control of that prime mover changed gently at this time, a part for the power which run short in view of demand power will be compensated by having fluctuated the operational status of a prime mover gently under the power outputted from a motor.

[0008] Therefore, according to the power output unit of this invention, in the transient to which demand power increases, rapid fluctuation of the operational status of a prime mover can be suppressed, without lack arising for the output power to a driving shaft. Consequently, the noise generated from a prime mover by fluctuation of the operational status of a prime mover can be suppressed. Moreover, useless energy expenditure can also be held down from the useless change of the operational status of a prime mover being lost.

[0009] In the power output unit of the above-mentioned configuration, operational status of said prime mover set up with said operational status setting-out means can be made into the rotational speed of said prime mover. According to this configuration, the power outputted from a prime mover is controlled by controlling the rotational speed of a prime mover.

[0010] In the power output unit of the above-mentioned configuration, it can have an accumulation-of-electricity condition detection means detect the accumulation-of-electricity condition of an accumulation-of-electricity means supply power to said motor, and said delay control means can be considered as a configuration equipped with a time constant setting-out means set up the time constant of the delay by said delay control based on said accumulation-of-electricity condition detected by said accumulation-of-electricity condition detection means. According to this configuration, the time constant of the delay by delay control is set as the magnitude according to the accumulation-of-electricity condition of an accumulation-of-electricity means to supply power to a motor. Enlarging the time constant of delay will cause the increase of a burden of the power by the motor, and it is necessary to fully store electricity the accumulation-of-electricity means. For this reason, the nonconformity that the burden of the power by the motor increases and the accumulation-of-electricity condition of an accumulation-of-electricity means gets worse can be prevented by having enlarged the time constant too much by setting the time constant of delay as the magnitude according to an accumulation-of-electricity condition.

[0011] In the power output unit of a configuration of setting up the time constant of delay based on the above-mentioned accumulation-of-electricity condition, said time constant setting-out means can be made into a means to set up so that said time constant may become large, so that the amount of accumulation of electricity of said accumulation-of-electricity means is large. According to this configuration, while the amount of accumulation of electricity of an accumulation-of-electricity means is falling, what the time constant of the delay by delay control is enlarged, and increases the burden of the power by the motor is lost.

[0012] In the power output unit of the above-mentioned configuration, said operational status setting-out means can be made into a means to set up the operational status of this prime mover so that the effectiveness of said prime mover may become high. According to this configuration, the fuel consumption effectiveness of a prime mover can be raised.

[0013] While said motor is a configuration connected to said driving shaft in the power output unit

of the above-mentioned configuration When it has a revolving shaft, it has three shafts respectively combined with this revolving shaft, the submotor which performs an exchange of power, and said driving shaft, output shaft of said prime mover and said revolving shaft and power is outputted and inputted among these three shafts to any 2 shafts, It can have a 3 shaft type power I/O means to output and input the power which becomes settled based on the this power outputted and inputted to one residual shaft, and said prime-mover control means can be considered as a configuration equipped with a means to control the operational status of said prime mover through the exchange of power to said motor and a submotor. According to this configuration, by exchanging power to both motors, though a prime mover is maintained at desired operational status, demand power can be stabilized and outputted to a driving shaft.

[0014] The power output method of this invention is a power output method which outputs power to a driving shaft using a prime mover and a motor. While controlling said prime mover so that the demand power which should be outputted to said driving shaft is set up, the operational status of said prime mover is set up based on the this set-up demand power and said prime mover is operated by the this set-up operational status Control said motor so that said demand power is outputted to said driving shaft based on the power outputted from said driving shaft with control of this prime mover, and it sets to control of said prime mover further. Let it be a summary to perform delay control which controls the speed of a response of control of said prime mover in the transient which increases said demand power.

[0015] The noise from the prime mover which can suppress rapid fluctuation of the operational status of a prime mover, consequently is generated by fluctuation of the operational status of a prime mover can be suppressed without lack arising for the output power to a driving shaft like the power output unit of this invention in the transient to which demand power increases according to the power output method of this invention. Moreover, useless energy expenditure can be held down from the useless change of the operational status of a prime mover being lost.

[0016]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained based on an example. It is the block diagram showing the outline configuration of the car with which the block diagram in which drawing 1 shows the outline configuration of the power output unit 110 as one example of this invention, and drawing 2 incorporated the elements on larger scale of the power output unit 110 of an example, and drawing 3 incorporated the power output unit 110 of an example. It explains from the configuration of the whole car using drawing 3 first on account of explanation.

[0017] This car is equipped with the engine 150 which outputs power by using a gasoline as a fuel as shown in drawing 3 . This engine 150 inhales the gaseous mixture of the air inhaled through the throttle valve 166 from the inhalation-of-air system, and the gasoline injected from the fuel injection valve 151 to a combustion chamber 152, and changes into rotation of a crankshaft 156 motion of the piston 154 depressed by explosion of this gaseous mixture. Here, closing motion actuation of the throttle valve 166 is carried out by the actuator 168. An ignition plug 162 forms a spark with the high tension drawn through the distributor 160 from the ignitor 158, and gaseous mixture is lit by the spark and carries out explosive combustion of it by it.

[0018] Operation of this engine 150 is controlled by the electronic control unit (hereafter referred to as EFIECU) 170. The various sensors in which the operational status of an engine 150 is shown are connected to EFIECU170. For example, it is the rotational frequency sensor 176, the angle-of-rotation sensor 178, etc. which are prepared for the coolant temperature sensor 174 and distributor 160 which detect the water temperature of the throttle-valve position sensor 167 which detects the opening (position) of a throttle valve 166, the inlet-pipe negative pressure sensor 172 which detects the load of an engine 150, and an engine 150, and detect the rotational frequency and angle of rotation of a crankshaft 156. In addition, although the starting switch 179 which detects the condition ST of an ignition key was connected to EFIECU170 in addition to this, the graphic display of other sensors, a switch, etc. was omitted. The rotational frequency detected by the above-mentioned rotational frequency sensor 176 is a rotational frequency per predetermined time, and is equivalent to rotational speed. Hereafter, the physical quantity called a rotational frequency shall show rotational speed.

[0019] The crankshaft 156 of an engine 150 is mechanically combined with the power transfer gear 111 which sets a revolving shaft as a driving shaft 112 through planetary gear 120, the motor MG 1, and Motor MG 2 which are mentioned later, and gear association of this power transfer gear 111 is carried out at the differential gear 114. Therefore, the power outputted from the power output unit 110 is eventually transmitted to the driving wheel 116,118 on either side. It connects with the control unit 180 electrically, and actuation control of a motor MG 1 and the motor MG 2 is carried out by this control unit 180. Although the configuration of a control unit 180 is explained in full detail later, the interior is equipped with Control CPU and accelerator pedal position sensor 164a prepared in the shift position sensor 184 formed in the shift lever 182 or the accelerator pedal 164, brake-pedal position sensor 165a prepared in the brake pedal 165 are connected. Moreover, the control unit 180 is exchanging various information by EFIECU170 and the communication link which were mentioned above. About control including the exchange of such information, it mentions later.

[0020] As shown in drawing 1, the power output unit 110 of an example consists of control units 180 which carry out actuation control of the motor MG 2 combined with the flywheel starter gear 122 of the motor MG 1 greatly combined with the sun gear 121 of planetary gear 120 and planetary gear 120 with which the planetary carrier 124 was mechanically combined with the crankshaft 156 of an engine 150 and an engine 150, and planetary gear 120, and the motors MG1 and MG2.

[0021] Drawing 2 explains the configuration of planetary gear 120 and motors MG1 and MG2. The sun gear 121 combined with the sun gear shaft 125 of the hollow where planetary gear 120 penetrated the shaft center to the crankshaft 156, The flywheel starter gear 122 combined with the crankshaft 156 and the flywheel-starter-gear shaft 126 of the same axle, Two or more planetary pinion gears 123 which revolve around the sun while it is arranged between a sun gear 121 and flywheel starter gear 122 and the periphery of a sun gear 121 is rotated, It consists of planetary carriers 124 which are combined with the edge of a crankshaft 156 and support the revolving shaft of each planetary pinion gear 123 to revolve. In these planetary gear 120, the sun gear shaft 125 combined with a sun gear 121, flywheel starter gear 122, and the planetary carrier 124, respectively, the flywheel-starter-gear shaft 126, and three shafts of a crankshaft 156 are used as the I/O shaft of power, and if the power outputted and inputted among three shafts to any 2 shafts is determined, the power outputted and inputted by one residual shaft will become settled based on the power outputted and inputted biaxial [which was determined]. In addition, the detail about I/O of the power to three shafts of these planetary gear 120 is mentioned later.

[0022] The power fetch gear 128 for the ejection of power is combined with flywheel starter gear 122. This power fetch gear 128 is connected to the power transfer gear 111 by the chain belt 129, and transfer of power is made between the power fetch gear 128 and the power transfer gear 111.

[0023] A motor MG 1 is constituted as a synchronous motor generator, and is equipped with Rota 132 which has two or more permanent magnets 135 in a peripheral face, and the stator 133 around which the three phase coil 134 which forms rotating magnetic field was wound. Rota 132 is combined with the sun gear shaft 125 combined with the sun gear 121 of planetary gear 120. A stator 133 carries out the laminating of the sheet metal of a non-oriented magnetic steel sheet, is formed, and is being fixed to the case 119. This motor MG 1 operates as a motor which carries out revolution actuation of Rota 132 by the interaction of the field by the permanent magnet 135, and the field formed with the three phase coil 134, and operates as a generator which makes the ends of the three phase coil 134 produce electromotive force by the interaction of the field by the permanent magnet 135, and a revolution of Rota 132. In addition, the resolver 139 which detects the angle-of-rotation thetas is formed in the sun gear shaft 125.

[0024] A motor MG 2 is constituted as a synchronous motor generator like a motor MG 1, and is equipped with Rota 142 which has two or more permanent magnets 145 in a peripheral face, and the stator 143 around which the three phase coil 144 which forms rotating magnetic field was wound. Rota 142 is combined with the flywheel-starter-gear shaft 126 combined with the flywheel starter gear 122 of planetary gear 120, and the stator 143 is being fixed to the case 119. The stator 143 of a motor MG 2 also carries out the laminating of the sheet metal of a non-oriented magnetic steel sheet, and is formed. It operates as a motor or a generator like [this motor MG 2] a motor MG 1. In addition, the resolver 149 which detects the angle-of-rotation thetar is formed in the ring wheel shaft 126.

[0025] Next, the control unit 180 which carries out actuation control of the motors MG1 and MG2 is explained. As shown in drawing 1, the control unit 180 consists of dc-batteries 194 which are the control CPU 190 and the rechargeable battery which control the 1st actuation circuit 191 which drives a motor MG 1, the 2nd actuation circuit 192 which drives a motor MG 2, and both the actuation circuit 191,192. Control CPU 190 is one chip microprocessor, and equips the interior with RAM190a for work pieces, ROM190b which memorized the processing program, input/output port (not shown) and EFIECU170, and the serial communication port (not shown) that performs a communication link. In this control CPU 190, angle-of-rotation thetas of the sun gear shaft 125 from a resolver 139, The accelerator pedal position AP from angle-of-rotation thetar of the ring wheel shaft 126 from a resolver 149, and accelerator pedal position sensor 164a (the amount of treading in of an accelerator pedal) The brake-pedal position BP from brake-pedal position sensor 165a (the amount of treading in of a brake pedal), The shift position SP from the shift position sensor 184 The remaining capacity (charge capacity) of the current values I_{u1} and I_{v2} from two current detectors 195,196 prepared in the 1st actuation circuit 191, the current values I_{u2} and I_{v2} from two current detectors 197,198 prepared in the 2nd actuation circuit 192, and a dc-battery 194 The dc-battery temperature Bt from the charge capacity SOC and the dc-battery thermometric element 200 from the charge capacitive detector 199 to detect etc. is inputted through input port.

[0026] In addition, what the charge capacitive detector 199 measures the specific gravity of the electrolytic solution of a dc-battery 194 or the weight of the whole dc-battery 194, and detects charge capacity, the thing which calculates the current value and time amount of charge and discharge, and detects charge capacity, the thing which detects charge capacity by making between the terminals of a dc-battery short-circuit momentarily, and measuring sink internal resistance for a current are known. The dc-battery thermometric element 200 fixes in the outer wall of a dc-battery 194, and detects the temperature of a dc-battery 194.

[0027] Moreover, from control CPU 190, the control signal SW2 which drives six transistors Tr11 as the control signal SW1 which drives six transistors Tr1 which are the switching elements prepared in the 1st actuation circuit 191 thru/or Tr6, and a switching element prepared in the 2nd actuation circuit 192 thru/or Tr16 is outputted. Six transistors Tr1 in the 1st actuation circuit 191 thru/or Tr6 constitute the transistor inverter, two pieces are arranged at a time in a pair, respectively so that it may become a source and sink side to the power-source lines L1 and L2 of a couple, and each of the three phase coil (UVW) 34 of a motor MG 1 is connected at the node. The power-source lines L1 and L2 control sequentially the rate of the transistor Tr1 which makes a pair by control CPU 190 since it connects with the plus [of a dc-battery 194], and minus side, respectively thru/or the ON time amount of Tr6 with a control signal SW1, and if the current which flows in each coil of the three phase coil 134 is made into a false sine wave by PWM control, rotating magnetic field will be formed with the three phase coil 134.

[0028] On the other hand, six transistors Tr11 of the 2nd actuation circuit 192 thru/or Tr16 also constitute the transistor inverter, is arranged, respectively, and the node of the transistor which makes a pair is connected to each of the three phase coil 144 of a motor MG 2. [as well as the 1st actuation circuit 191] Therefore, the transistor Tr11 thru/or the ON time amount of Tr16 which makes a pair by control CPU 190 is sequentially controlled with a control signal SW2, and if the current which flows in each coil 144 is made into a false sine wave by PWM control, rotating magnetic field will be formed with the three phase coil 144.

[0029] Actuation of the power output unit 110 of the example which explained the configuration above is explained. The principle of operation of the power output unit 110 of an example, especially the principle of torque conversion are as follows. When operating an engine 150 on the operation point P1 of an engine speed N_e and Torque T_e and operating the ring wheel shaft 126 on the operation point P2 of an engine speed N_r which is different although it is the same energy as the energy P_e outputted from this engine 150, and Torque T_r , the case where carry out torque conversion and the power outputted from an engine 150 is made to act on the ring wheel shaft 126 is considered. The engine 150 at this time, the rotational frequency of the flywheel-starter-gear shaft 126, and the relation of torque are shown in drawing 4.

[0030] According to the place which device study teaches, the relation between the rotational frequency in three shafts (the sun gear shaft 125, the flywheel-starter-gear shaft 126, and planetary

carrier 124 (crankshaft 156)) of planetary gear 120 or torque can be expressed as drawing called collinear drawing illustrated to drawing 5 and drawing 6, and solution Lycium chinense grows in it geometrically. In addition, the rotational frequency of three shafts and the relation of torque to planetary gear 120 are also analyzable in formula by calculating the energy of each shaft etc., even if it does not use above-mentioned collinear drawing. By this example, since explanation is easy, it explains using collinear drawing.

[0031] The axis of ordinate in drawing 5 is a rotational frequency shaft of three shafts, and an axis of abscissa expresses the ratio of the location of the axis of coordinates of three shafts. That is, when the axes of coordinates S and R of the sun gear shaft 125 and the flywheel-starter-gear shaft 126 are taken to ends, the axis of coordinates C of the planetary carrier 124 is defined as a shaft which divides Shaft S and Shaft R interiorly to 1:rho. rho is the ratio of the number of teeth of a sun gear 121 to the number of teeth of flywheel starter gear 122 here, and it is expressed with a degree type (1).

[0032]

[Equation 1]

$$\rho = \frac{\text{サンギヤの歯数}}{\text{リングギヤの歯数}} \quad \cdots \cdots (1)$$

[0033] The engine 150 is operated at the rotational frequency Ne, since the case where the ring wheel shaft 126 is operated at the rotational frequency Nr is considered, the rotational frequency Ne of an engine 150 can be now plotted on the axis of coordinates C of the planetary carrier 124 with which the crankshaft 156 of an engine 150 is combined, and a rotational frequency Nr can be plotted on the axis of coordinates R of the ring wheel shaft 126. If the straight line which passes along both this point is drawn, it can ask for the rotational frequency Ns of the sun gear shaft 125 as a rotational frequency expressed on the intersection of this straight line and axis of coordinates S. Hereafter, this straight line is called a collinear of operation. In addition, it can ask for a rotational frequency Ns by the proportion formula (degree type (2)) using a rotational frequency Ne and a rotational frequency Nr. Thus, in planetary gear 120, if it opts for any two revolutions among a sun gear 121, flywheel starter gear 122, and the planetary carrier 124, it will opt for one residual revolution based on two revolutions for which it opted.

[0034]

[Equation 2]

$$N_s = N_r - (N_r - N_e) \frac{1 + \rho}{\rho} \quad \cdots \cdots (2)$$

[0035] Next, the torque Te of an engine 150 is made to act on the drawn collinear of operation upwards from drawing Nakashita by making the axis of coordinates C of the planetary carrier 124 into line of action. Since a collinear of operation can be dealt with as the rigid body at the time of making the force as a vector act to torque at this time, the torque Te made to act on an axis of coordinates C is separable into the torque Tes on an axis of coordinates S, and the torque Ter on an axis of coordinates R with the technique of separation of the force to two parallel different line of action. The magnitude of Torque Tes and Ter is expressed by a degree type (3) and (4) at this time.

[0036]

[Equation 3]

$$T_{es} = T_e \times \frac{\rho}{1 + \rho} \quad \cdots \cdots (3)$$

$$T_{er} = T_e \times \frac{1}{1 + \rho} \quad \cdots \cdots (4)$$

[0037] What is necessary is just to take balance of the force of a collinear of operation, in order for the collinear of operation to be stable in this condition. That is, magnitude is the same as Torque Tes, the sense makes the reverse torque Tm1 act, magnitude is the same on an axis of coordinates R to resultant force with the torque Tr outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126, the torque of objection of the sense in the same magnitude, and Torque Ter, and the sense makes the reverse

torque T_{m2} act on an axis of coordinates S. This torque T_{m1} can act by the motor MG 1, and torque T_{m2} can be made to act by the motor MG 2. Since torque is made to act on a rotational direction and the rotational reverse sense by the motor MG 1 at this time, a motor MG 1 will operate as a generator and revives electrical energy P_{m1} expressed with the product of torque T_{m1} and a rotational frequency N_s from the sun gear shaft 125. By the motor MG 2, since the direction of torque is the same as the direction of rotational, a motor MG 2 operates as a motor and is outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 by making into power electrical energy P_{m2} expressed by the product of torque T_{m2} and a rotational frequency N_r .

[0038] Here, if electrical energy P_{m1} and electrical energy P_{m2} are made equal, all the power consumed by the motor MG 2 can be revived by the motor MG 1, and it can be provided. What is necessary is for that just to make equal the thing which outputs all the inputted energy then the energy P_e outputted from an engine 150 since it is good, and energy P_r outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126. That is, the energy P_e expressed with the product of Torque T_e and a rotational frequency N_e and energy P_r expressed with the product of Torque T_r and a rotational frequency N_r are made equal. If it compares with drawing 4, torque conversion will be carried out and the power expressed with the torque T_e outputted from the engine 150 currently operated on the operation point P1 and a rotational frequency N_e will be outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 as power expressed with the same energy at Torque T_r and a rotational frequency N_r . As mentioned above, the power outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 is transmitted to a driving shaft 112 by the power fetch gear 128 and the power transfer gear 111, and is transmitted to a driving wheel 116,118 through a differential gear 114. Therefore, since linear relation is materialized for the power outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126, and the power transmitted to a driving wheel 116,118, the power transmitted to a driving wheel 116,118 is controllable by controlling the power outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126.

[0039] Although the engine speed N_s of the sun gear shaft 125 is forward in collinear drawing shown in drawing 5, as shown in collinear drawing shown in drawing 6, it may become negative at the engine speed N_e of an engine 150, and the engine speed N_r of the flywheel-starter-gear shaft 126. At this time, by the motor MG 1, since the direction of rotational and the direction where torque acts become the same, a motor MG 1 operates as a motor and consumes electrical energy P_{m1} expressed by the product of torque T_{m1} and a rotational frequency N_s . On the other hand, by the motor MG 2, since the direction of rotational and the direction where torque acts become reverse, a motor MG 2 will operate as a generator and will revive electrical energy P_{m2} expressed by the product of torque T_{m2} and a rotational frequency N_r from the flywheel-starter-gear shaft 126. In this case, if electrical energy P_{m1} consumed by the motor MG 1 and electrical energy P_{m2} revived by the motor MG 2 are made equal, electrical energy P_{m1} consumed by the motor MG 1 can be exactly provided by the motor MG 2.

[0040] As mentioned above, although the fundamental torque conversion in the power output unit 110 of an example was explained The power outputted from an engine 150 besides the actuation which the power output unit 110 of an example carries out torque conversion of all the power outputted from such an engine 150, and is outputted to the ring wheel shaft 126 (product of Torque T_e and a rotational frequency N_e), By adjusting electrical energy P_{m1} revived or consumed by the motor MG 1, and electrical energy P_{m2} consumed or revived by the motor MG 2 It can consider as the actuation which finds out excessive electrical energy and discharges a dc-battery 194, or can also consider as various actuation, such as actuation with which the electrical energy running short is compensated with the power stored in the dc-battery 194.

[0041] In addition, the above principle of operation explained the conversion efficiency of the power by planetary gear 120, a motor MG 1, a motor MG 2 and a transistor $Tr1$, or $Tr16$ as a value 1 (100%). Since it is less than one value actually, it is necessary to consider as a bigger value a little than the energy P_r which outputs the energy P_e outputted from an engine 150 to the flywheel-starter-gear shaft 126, or to make energy P_r outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 at reverse into a value [a little] smaller than the energy P_e outputted from an engine 150. For example, what is necessary is just to consider as the value computed by multiplying by the inverse number of conversion efficiency by the energy P_r outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 in the energy P_e outputted from an engine 150. Moreover, what is necessary is to consider as the value computed

from what multiplied the power revived by the motor MG 1 in the state of collinear drawing of drawing 5 in the torque T_{m2} of a motor MG 2 by the effectiveness of both motors, and just to compute the power consumed by the motor MG 1 in the state of collinear drawing of drawing 6 from what was broken by effectiveness of both motors. In addition, although energy is lost as heat by machine friction etc. in planetary gear 120, there are very few the amounts of loss, if it sees from the amount of whole, and the effectiveness of the synchronous motor used for motors MG1 and MG2 is very close to a value 1. Moreover, very small things, such as GTO, are known also for a transistor Tr1 thru/or the on resistance of Tr16. Therefore, since it becomes a thing near a value 1, and the following explanation is also easy for explanation, the conversion efficiency of power is dealt with as a value 1 (100%), unless it shows clearly.

[0042] Next, the actual condition of the torque control in the power output unit 110 of such an example is explained based on the torque control routine illustrated to drawing 7 and drawing 8. This routine is repeatedly performed for every (every [for example,] 4msec) predetermined time, after setting directions of initiation of operation of an operator, for example, an ignition switch, to ON. If this routine is performed, the control CPU 190 of a control unit 180 will first perform processing which reads the rotational frequency N_s of the sun gear shaft 125, and the rotational frequency N_r of the flywheel-starter-gear shaft 126 (step S100). It can ask for the engine speed N_s of the sun gear shaft 125 from angle-of-rotation θ_s of the sun gear shaft 125 detected by the resolver 139, and can ask for the engine speed N_r of the ring wheel shaft 126 from angle-of-rotation θ_r detected by the resolver 149.

[0043] Then, processing which detects the charge capacity SOC of the dc-battery 194 detected by the charge capacitive detector 199 and the dc-battery temperature B_t detected by the dc-battery thermometric element 200 is performed (step S102). Furthermore, processing which inputs the accelerator pedal position AP detected by accelerator pedal position sensor 164a is performed (step S103). Since an accelerator pedal 164 is broken in when it senses that an operator's output torque is insufficient, the accelerator pedal position AP corresponds to the output torque (namely, torque which should be outputted to a driving wheel 116,118) which the operator wants. If the accelerator pedal position AP is read, processing which derives torque command value Tr^* which is the desired value of the torque which should be outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 based on the read accelerator pedal position AP and the rotational frequency N_r of the flywheel-starter-gear shaft 126 will be performed (step S104). The torque which should be outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 is derived without the ability being able to draw the torque which should be outputted to a driving wheel 116,118 here because the flywheel-starter-gear shaft 126 will result in deriving the torque which should be outputted to a driving wheel 116,118, if the torque which should be outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 is derived, since it is mechanically combined with the driving wheel 116,118 through the power fetch gear 128, the power transfer gear 111, and the differential gear 114. In addition, in the example, the value of torque command value Tr^* shall be derived based on the map which memorized beforehand the map in which the relation between the engine speed N_r of the ring wheel shaft 126, and the accelerator pedal position AP and torque command value Tr^* is shown to ROM190b, and was memorized to the read accelerator pedal position AP, the engine speed N_r of the ring wheel shaft 126, and ROM190b when the accelerator pedal position AP was read. An example of this map is shown in drawing 9.

[0044] Next, the energy Pr which should be outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 is searched for by count ($Pr=Tr^* \times Nr$) from drawn torque command value Tr^* and the rotational frequency N_r of the flywheel-starter-gear shaft 126 (step S106), and processing which sets up target torque Te^* of an engine 150 and target rotational frequency Ne^* based on the energy Pr searched for is performed (step S108). Here, since the energy Pe outputted from an engine 150 is equal to the product of the Torque Te and engine speed Ne , the relation with target torque Te^* of Energy Pr and an engine 150 and target engine-speed Ne^* which should be outputted to the ring wheel shaft 126 becomes $Pr=Pe=Te^* \times Ne^*$. The combination of target torque Te^* of an engine 150 and target rotational frequency Ne^* which satisfy this relation exists innumerable. So, in an example, an engine 150 is operated by experiment etc. in the condition that effectiveness is high as much as possible, to each energy Pr . And it asks for the operation point from which the operational status of an engine 150 changes smoothly to change of Energy Pr as a combination of target torque Te^* and target

rotational frequency Ne^* . This shall be beforehand memorized as a map to ROM190b, and the combination of target torque Te^* and target rotational frequency Ne^* corresponding to Energy Pr shall be derived from this map. This map is explained further.

[0045] Drawing 10 is a graph which shows the relation between the operation point of an engine 150, and the effectiveness of an engine 150. The curve B in drawing shows the boundary of the field which can operate an engine 150. it is like [the field which can operate an engine 150] the curve $\alpha 1$ which shows the operation point with the same effectiveness according to the property thru/or $\alpha 6$ -- etc. -- an effectiveness line can be drawn. Moreover, the curve 1 with the fixed energy expressed with the product of Torque Te and a rotational frequency Ne , for example, curvilinear C1-C, and C3-C3 can be drawn on the field which can operate an engine 150. In this way, if the rotational frequency Ne of an engine 150 is expressed for the effectiveness of each operation point as an axis of abscissa along with drawn curvilinear C1-C1 of energy regularity thru/or C3-C3, it will become like the graph of drawing 11 .

[0046] But the effectiveness of an engine 150 differs greatly by on which operation point it operates with the same energy to output so that it may illustrate. For example, on the fixed curvilinear C1-energy C 1, the effectiveness can be made the highest by operating an engine 150 on the operation point A1 (torque $Te 1$, rotational frequency $Ne1$). In curvilinear C2-C2 of output energy regularity, and C3-C3, the operation point with such highest effectiveness exists on the curve of each energy regularity so that the operation point A2 and A3 may correspond, respectively. The curve A in drawing 10 is connected with the line which continues the operation point with which the effectiveness of an engine 150 becomes as high as possible to each energy Pr based on these things. In the example, target torque Te^* of an engine 150 and target engine-speed Ne^* were set up using what used each operation point on this curve A (Torque Te , engine speed Ne), and relation with Energy Pr as the map.

[0047] Here, Curve A is connected with a continuous curve because the operational status of an engine 150 will change suddenly and it cannot shift to target operational status smoothly depending on extent of the change, but knocking may be produced or it may stop, when Energy Pr changes ranging over the discontinuous operation point if the operation point of an engine 150 is defined with a discontinuous curve to change of Energy Pr . Therefore, if Curve A is connected with a continuous curve in this way, each operation point on Curve A may not turn into the operation point with the highest effectiveness on the curve of energy regularity. In addition, the operation point Amin with which it is expressed at Torque $Temin$ and an engine speed $Nemin$ is the operation point of the threshold energy in which an engine 150 to an output is possible among drawing 10 .

[0048] If target torque Te^* of an engine 150 and target engine-speed Ne^* are set up, control CPU 190 will calculate target engine-speed Ns^* of the sun gear shaft 125 by replacing with the engine speed Ne of an engine 150, and substituting target engine-speed Ne^* of an engine 150 for the formula (2) mentioned above (step S110).

[0049] Then, control CPU 190 performs processing which derives the maximum output capacity $Wout$ in which the output of a dc-battery 194 is possible based on the charge capacity SOC and the dc-battery temperature Bt of the dc-battery 194 incorporated at step S102 (step S112). The maximum output capacity $Wout$ in which the output of a dc-battery 194 is possible shall be derived by referring to the three-dimension map which specifically memorizes beforehand the three-dimension map in which the relation between the charge capacity SOC, the dc-battery temperature Bt , and the maximum output capacity $Wout$ is shown to ROM190b, and was memorized to ROM190b using the charge capacity SOC and the dc-battery temperature Bt which were incorporated at step S102. An example of this three-dimension map was shown in drawing 12 . As shown in drawing 12 , the maximum output capacity $Wout$ is set to take a big value, so that the charge capacity SOC is large, and, so that it approaches the optimal temperature which does not have the dc-battery temperature BT highly or low.

[0050] Then, control CPU 190 performs processing which sets up the time constant $T0$ which uses the dc-battery 194 drawn at step S112 for the primary delay control mentioned later based on the maximum output capacity $Wout02$ in which an output is possible (step S114). A time constant $T0$ shall be derived by referring to the two-dimensional map which specifically memorizes beforehand the two-dimensional map in which the relation between the maximum output capacity $Wout$ and a

time constant T0 is shown to ROM190b, and was memorized to ROM190b using the maximum output capacity Wout drawn at step S112. An example of this two-dimensional map was shown in drawing 13 . As shown in drawing 13 , the time constant T0 is set to take a big value, so that the maximum output capacity Wout becomes large.

[0051] In addition, although it is asking for the time constant T0 in this example using the both sides of step S112 and step S114 from the charge capacity SOC of a dc-battery 194, and the dc-battery temperature Bt It can change to this configuration and can also consider as the configuration which asks for a time constant t0 directly from the charge capacity SOC and the dc-battery temperature Bt using the three-dimension map in which the relation between the charge capacity SOC and the dc-battery temperature Bt in consideration of the both sides of drawing 12 and drawing 13 , and a time constant t0 is shown.

[0052] If a time constant T0 is set as drawing 7 at return and step S114, it will distinguish whether the condition which the energy Pr which should be outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 searched for at step S106 is increasing has control CPU 190 after that. the time constant T0 for which it asked at step S114 when there was nothing to negative distinction, i.e., the condition which Energy Pr is increasing, and it was distinguished here -- a value 0 -- once -- clearing (step S118) -- the time amount counter value t is cleared to a value 0 (step S120). clearing the time amount counter value t, when it will be in the condition which Energy Pr is increasing as [mentioned / it / value / above / the time amount counter value t shows the elapsed time from the event of Energy Pr changing from the condition in un-increasing to the condition under increment, and] -- it is -- the time check of the above-mentioned elapsed time -- the start point is defined. Processing is advanced to step S122 after activation of step S120. On the other hand, when it was in affirmation distinction, i.e., the condition which Energy Pr is increasing, at step S116 and is distinguished, the time constant T0 for which it asked at step S114 remains as it is, and advances processing to step S122.

[0053] At step S122, control CPU 190 performs processing which changes target rotational frequency Ne* of the sun gear shaft 125 searched for at step S110 by primary delay control of a time constant T0. This processing is substituting target rotational frequency Ne* of the sun gear shaft 125, the time amount counter value t, and a time constant T0, and is asking the right-hand side of a degree type (5) for new target rotational frequency Ne* at the detail. Then, as for control CPU 190, only a value 1 updates the time amount counter value t (step S124).

[0054]

[Equation 4]

$$Ns^* \leftarrow \left(1 - e^{-\frac{t}{T0}} \right) \cdot Ns^* \quad \cdots \cdots (5)$$

[0055] Drawing 14 is a graph which shows how target rotational frequency Ne* of the sun gear shaft 125 searched for by primary delay control performed at step S122 changes with the passage of time. Target rotational frequency Ne* of the sun gear shaft 125 approaches one 1 time the magnitude of target rotational frequency Ne* calculated at step S110 which is a final value according to the passage of time after changing to the condition which the time amount Pr shown with the time amount counter value t, i.e., energy, is increasing so that it may illustrate. The time amount by the intersection P of the Tangent Lt and the final value in a zero is a time constant T0. The standup of the curve which shows change if T0 is small becomes sudden, if a response is quick and T0 is large, a standup will be loose and a response will become slow. In addition, when a time constant T0 is set as a value 0 at step S118, the value calculated by this primary delay control serves as as [one 1 time the magnitude of target rotational frequency Ne* calculated at step S110, and the value calculated at step S110].

[0056] Control CPU 190 advances processing to step S126 of drawing 8 after activation of step S124, using target rotational frequency Ns* of the sun gear shaft 125 calculated at step S122, and drawn torque command value Tr*, calculates torque command value Tm1* of a motor MG 1 by the degree type (6), and sets it up. The 1st term of the right-hand side in a formula (6) is searched for here from balance of the collinear of operation in drawing 5 and collinear drawing of drawing 6 , the 2nd term of the right-hand side is a proportional which negates the deflection from target rotational

frequency Ns^* of a rotational frequency Ns , and the 3rd term of the right-hand side is an integral term which abolishes steady-state deviation. Therefore, torque command value $Tm1^*$ of a motor MG 1 will be set up by the steady state equally to $Tr^* \times \rho$ of the 1st term of the right-hand side searched for from balance of a collinear of operation (when the deflection from target rotational frequency Ns^* of a rotational frequency Ns is a value 0). In addition, $K1$ and $K2$ in a formula (6) are a proportionality constant.

[0057]

[Equation 5]

$$Tm1^* \leftarrow Tr^* \times \rho + K1(Ns^* - Ns) + K2 \int (Ns^* - Ns) dt \quad \cdots \cdots (6)$$

[0058] Then, based on the rotational frequency Ns of the sun gear shaft 125, the angular acceleration $d\omega_s$ which is the rate of change of the rotational speed of the sun gear shaft 125 is calculated by the degree type (7) (step S128). Here, "last Ns " is the engine speed Ns of the sun gear shaft 125 inputted at step S100 when this routine was started last time, and Δt is starting spacing time amount Δt of this routine. "2pi" of the molecule of the right-hand side of a formula (7) is based on angular-velocity ω_s of the sun gear shaft 125 and a rotational frequency Ns having the relation of $\omega_s = 2\pi Ns$ [rad/sec]. In addition, since a value 0 is inputted last time into Ns by the initialization routine which is performed before this routine is performed and which is not illustrated when it begins after the ignition switch was set to ON, and this routine is started, this value 0 is used.

[0059]

[Equation 6]

$$d\omega_s \leftarrow \frac{2\pi}{60} \frac{(Ns - \text{前回}Ns)}{\Delta t} \quad \cdots \cdots (7)$$

[0060] In this way, if it asks for the angular acceleration $d\omega_s$ of the sun gear shaft 125, the torque Ter outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 by the degree type (8) through planetary gear 120 using this angular acceleration $d\omega_s$ will be calculated (step S130). Here, "Ime" of the 2nd term of a right-hand-side molecule in a formula (8) is the moment of inertia of the motor MG 1 seen from the motor MG 1 of the inertial system which consists of a motor MG 1 mechanically combined through planetary gear 120, and an engine 150, and an engine 150. Therefore, what multiplied the moment of inertia Ime seen from this motor MG 1 by the angular acceleration $d\omega_s$ of Rota 132 of a motor MG 1 serves as torque (henceforth inertia torque) which acts on the sun gear shaft 125, and the right-hand-side molecule of a formula (8) serves as resultant force of the torque which acts on the sun gear shaft 125. In addition, since inertia torque acts on the reverse sense to the direction of change of motion by law of inertia, when it considers the time of changing the operation point of an engine 150 into the operation point with a big rotational frequency Ne , inertia torque will have a negative sign in the formula of Torque Ter which will act in the direction which controls lifting of a rotational frequency Ne , and acts on the flywheel-starter-gear shaft 126. From the first, when changing the operation point of an engine 150 into the operation point with a small rotational frequency Ne , inertia torque acts in the direction which controls reduction of a rotational frequency Ne . Moreover, when an engine 150 is in a steady operation condition, since the angular acceleration $d\omega_s$ of the sun gear shaft 125 serves as a value 0, inertia torque also serves as a value 0.

[0061]

[Equation 7]

$$Ter = \frac{Tm1^* - Ime \times d\omega_s}{\rho} \quad \cdots \cdots (8)$$

[0062] Thus, if the torque Ter outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 through planetary gear 120 is calculated, from torque command value Tr^* , torque command value $Tm2^*$ of a motor MG 2 will be computed by reducing this torque Ter , and will be set up (step S132). And each control of a motor MG 1, a motor MG 2, and an engine 150 is performed using each set-up set point (step S134

thru/or S138). In the example, on account of a graphic display, although each control of a motor MG 1, a motor MG 2, and an engine 150 was indicated as a separate step, these control is performed simultaneously in parallel and synthetically actually. For example, while control CPU 190 is simultaneously parallel and performs control of a motor MG 1 and a motor MG 2 using interruption processing, control of an engine 150 also makes it direct simultaneously with the carrier beam EFIECU170 by communication link.

[0063] Control (step S134 of drawing 7) of a motor MG 1 is made by the control routine of the motor MG 1 illustrated to drawing 15. If this routine is performed, the control CPU 190 of a control unit 180 will perform first processing which inputs angle-of-rotation thetas of the sun gear shaft 125 from a resolver 139 (step S180). Then, processing which detects the currents I_{u1} and I_{v1} which are flowing to U phase and V phase of the three phase coil 134 of a motor MG 1 with the current detector 195,196 is performed (step S182). Although the current is flowing to the three phase of U, V, and W, since the total is zero, it is sufficient if the current which flows to two phases is measured. In this way, coordinate transformation (three phase -2 phase-number conversion) is performed using the current of the obtained three phase (step S184). Coordinate transformation is changing into the current value of d shaft of the synchronous motor of a permanent-magnet type, and q shaft, and is performed by calculating a degree type (9). Coordinate transformation is performed in the synchronous motor of a permanent-magnet type here because it is an amount with the current of d shaft and q shaft essential when controlling torque. It is also possible to control from the first with a three phase.

[0064]

[Equation 8]

$$\begin{bmatrix} Id1 \\ Iq1 \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} -\sin(\theta_s - 120) & \sin \theta_s \\ -\cos(\theta_s - 120) & \cos \theta_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{u1} \\ I_{v1} \end{bmatrix} \quad \dots\dots(9)$$

[0065] Next, after changing into a biaxial current value, processing which asks for current command value $Id1^*$ of each shaft searched for from torque command value $Tm1^*$ in a motor MG 1, $Iq1^*$, the currents $Id1$ and $Iq1$ that actually flowed on each shaft, and deflection, and calculates the electrical-potential-difference command values $Vd1$ and $Vq1$ of each shaft is performed (step S186). That is, the following formulas (10) are calculated first and then a degree type (11) is calculated. Here, $Kp1$, $Kp2$, $Ki1$, and $Ki2$ are multipliers respectively. These multipliers are adjusted so that the property of the motor to apply may be suited. In addition, the electrical-potential-difference command values $Vd1$ and $Vq1$ are calculated from the part (the 1st term of the formula (11) right-hand side) proportional to deflection ΔI with current command value I^* , and an accumulated part (the 2nd term of the right-hand side) of the past of i batch of deflection ΔI .

[0066]

[Equation 9]

$$\begin{aligned} \Delta Id1 &= Id1^* - Id1 \\ \Delta Iq1 &= Iq1^* - Iq1 \end{aligned} \quad \dots\dots(10)$$

$$\begin{aligned} Vd1 &= Kp1 \cdot \Delta Id1 + \sum Ki1 \cdot \Delta Id1 \\ Vq1 &= Kp2 \cdot \Delta Iq1 + \sum Ki2 \cdot \Delta Iq1 \end{aligned} \quad \dots\dots(11)$$

[0067] Then, coordinate transformation (two phase -3 phase-number conversion) equivalent to the inverse transformation of the conversion which performed the electrical-potential-difference command value calculated in this way at step S184 is performed (step S188), and processing which asks for the electrical potential differences V_{u1} , V_{v1} , and V_{w1} actually impressed to the three phase coil 134 is performed. It asks for each electrical potential difference by the degree type (12).

[0068]

[Equation 10]

$$\begin{bmatrix} V_{u1} \\ V_{v1} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta_s & -\sin \theta_s \\ \cos(\theta_s - 120) & -\sin(\theta_s - 120) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Vd1 \\ Vq1 \end{bmatrix}$$

$$V_{w1} = -V_{u1} - V_{v1} \quad \dots\dots(12)$$

[0069] Since actual armature-voltage control is made by the transistor Tr1 of the 1st actuation circuit 191 thru/or the on-off time amount of Tr6, it carries out PWM control of each transistor Tr1 thru/or the ON time amount of Tr6 so that it may become each electrical-potential-difference command value calculated by the formula (12) (step S189).

[0070] If the sense of the torque [in / for the sign of torque command value $Tm1^*$ of a motor MG 1 / collinear drawing of drawing 5 or drawing 6] $Tm1$ is made forward here Even if torque command value $Tm1^*$ of the same forward value is set up, when the sense on which torque command value $Tm1^*$ acts like the condition of collinear drawing of drawing 5 differs from the sense of a revolution of the sun gear shaft 125, regenerative control is made, and power running control is made like the condition of collinear drawing of drawing 6 at the time of the same direction. However, since power running control of a motor MG 1 and regenerative control control the transistor Tr1 of the 1st actuation circuit 191 thru/or Tr6 so that forward torque acts on the sun gear shaft 125 by the permanent magnet 135 attached in the peripheral face of Rota 132, and the rotating magnetic field produced according to the current which flows in the three phase coil 134 if torque command value $Tm1^*$ is forward, they turn into the same switching control. That is, if the sign of torque command value $Tm1^*$ is the same, even if control of a motor MG 1 is regenerative control and it is power running control, it will become the same switching control. Therefore, all of the regenerative control and power running control by the control routine of the motor MG 1 of drawing 15 can be performed. Moreover, since the direction of change of angle-of-rotation θ of the sun gear shaft 125 read at step S180 only becomes reverse when torque command value $Tm1^*$ is negative, the control routine of the motor MG 1 of drawing 15 can also perform control at this time.

[0071] In addition, although it is possible to control a motor MG 1 by the control routine of the motor MG 1 of drawing 15 even when a value 0 is set as torque command value $Tm1^*$ of a motor MG 1, at this time, it is good also as control which makes off all the transistors Tr1 thru/or Tr(s)6.

[0072] Next, control processing (step S136 of drawing 8) of a motor MG 2 is explained based on the control routine of the motor MG 2 illustrated to drawing 16 . control processing of a motor MG 2 -- control processing of a motor MG 1 -- it replaces with torque command value $Tm1^*$ and angle-of-rotation θ of the sun gear shaft 125 inside, and is completely the same as that of control processing of a motor MG 1 except for the point using torque command value $Tm2^*$ and angle-of-rotation θ of the flywheel-starter-gear shaft 126. Namely, angle-of-rotation θ of the ring wheel shaft 126 is detected using a resolver 149 (step S190). Then, each phase current of a motor MG 2 is detected using the current detector 197,198 (step S192). Then, the operation of coordinate transformation (step S194) and the electrical-potential-difference command values $Vd2$ and $Vq2$ is performed (step S196). Furthermore, reverse coordinate transformation (step S198) of an electrical-potential-difference command value is performed, the transistor Tr11 of the 2nd actuation circuit 192 of a motor MG 2 thru/or the on-off control time amount of Tr16 are found, and PWM control is performed (step S199).

[0073] Although power running control of the motor MG 2 is carried out by the sense of torque command value $Tm2^*$, and the sense of a revolution of the flywheel-starter-gear shaft 126 here or regenerative control is carried out, both power running control and regenerative control can be performed by control processing of the motor MG 2 of drawing 16 like a motor MG 1. In addition, in the example, the sign of torque command value $Tm2^*$ of a motor MG 2 made forward the sense of the torque $Tm2$ at the time of the condition of collinear drawing of drawing 5 .

[0074] Next, control (step S138 of drawing 8) of an engine 150 is explained. Torque Te and the rotational frequency Ne of an engine 150 are controlled so that an engine 150 will be in a steady operation condition on the set-up operation point, if the operation point made into the target is set up by target torque Te^* and target rotational frequency Ne^* . Directions are transmitted to EFIECU170 by communication link from control CPU 190, and the opening of the fuel oil consumption from a fuel injection valve 151 or a throttle valve 166 is specifically fluctuated, and it adjusts gradually so that the output torque of an engine 150 may become target torque Te^* and a rotational frequency may become target rotational frequency Ne^* . In addition, by control of an engine 150, as shown in the formula (6) mentioned above, since the rotational frequency Ne of an engine 150 is performed by control of the rotational frequency Ns of the sun gear shaft 125 by the motor MG 1, target torque Te^* serves as control of a throttle valve 166, and Air Fuel Ratio Control to an inhalation air content so

that may be outputted from an engine 150. In addition, when the halt command of operation of an engine 150 is outputted from control CPU 190, while carrying out the close by-pass bulb completely of the throttle valve 166, it becomes processing of a halt of fuel injection, and a halt of ignition.

[0075] Inertia torque required to change the operation point according to the power output unit 110 of an example explained above, when the operation point of an engine 150 is changed is computed. Also in the transient which changes the operation point of an engine 150 since torque command value T_{m2}^* of a motor MG 2 is computed in consideration of this inertia torque and a motor MG 2 is driven. The torque which an operator wants can be outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126, as a result a driving wheel 116, 118. Moreover, when an engine 150 is in a steady operation condition, since the torque T_{er} outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 through planetary gear 120 since the angular acceleration ω_{gas} of the sun gear shaft 125 serves as a value 0 will be searched for by balance of the collinear of operation in drawing 5 and collinear drawing of drawing 6, it can output the torque which an operator wants to the flywheel-starter-gear shaft 126. Therefore, a smooth transient characteristic with few torque shocks can be acquired on the flywheel-starter-gear shaft 126. From the first, according to the power output unit 110 of an example, torque conversion can be carried out and it can output to the power which consists of the torque and the rotational frequency of a request of the energy P_e outputted from an engine 150 at the flywheel-starter-gear shaft 126.

[0076] In the transient which the output energy P_r equivalent to the demand power which should especially be outputted to a driving shaft 112 in this example increases. Since the speed of a response of target rotational frequency N_s^* is controlled so that target rotational frequency N_s^* of the sun gear shaft 125 may be gradually shifted to a desired value by primary delay control, buildup of the output energy P_r is followed gently. The engine speed N_e of the engine 150 decided by control of the engine speed N_s of the sun gear shaft 125 will be changed. Since control of a motor MG 2 is made based on the power outputted from a driving shaft 112 with control of that motor MG 1 and an engine 150 at this time, a part for the power which run short in view of demand power will be compensated by having fluctuated the rotational frequency N_e of an engine 150 gently under the power outputted from a motor MG 2.

[0077] Therefore, according to the power output unit 110 of this example, in the transient to which the output energy P_r equivalent to demand power increases, rapid fluctuation of the rotational frequency N_e of an engine 150 can be suppressed, without lack arising for the output power to a driving shaft 112. Consequently, the noise generated from the engine 150 generated by fluctuation of an engine speed N_e can be suppressed. Moreover, since the useless change of an engine speed N_e is lost, the useless energy expenditure in a motor MG 1 can also be held down. Furthermore, though sudden change of the engine speed at the time of accelerator treading in is suppressed, since the output of a driving shaft improves by the motor MG 2, it is quiet for an operator and can ** offering the degree of comfort which was full of a feeling of torque.

[0078] In this example, by step S103 by control CPU 190 and its control CPU 190 thru/or S106 [in addition,] The configuration of the demand power setting-out means of this invention is realized, and by step S108 by control CPU 190 and its control CPU 190 The configuration of the operational status setting-out means of this invention is realized, and by steps S110-S130 by control CPU 190 and its control CPU 190, and S134 The configuration of the prime-mover control means of this invention is realized, and by steps S132 and S136 by control CPU 190 and its control CPU 190 The configuration of the motor control means of this invention is realized, and the configuration of the delay control means of this invention is realized by step S112 by control CPU 190 and its control CPU 190 thru/or S124.

[0079] It asks for the angular acceleration ω_{gas} of the sun gear shaft 125 in the power output unit 110 of this example. Although the torque T_{er} which computes the inertia torque which takes advantaging of the moment of inertia of the inertial system which consists of a motor MG 1 which saw this from the motor MG 1, and an engine 150, and acts on the sun gear shaft 125, and is outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 through planetary gear 120 was searched for. Ask for the angular acceleration ω_{gas} of a crankshaft 156, and it asks for the inertia torque which takes advantaging of the moment of inertia of the inertial system which consists of an engine 150 which saw this from the engine 150, and a motor MG 1, and acts on a crankshaft 156. It is good also as what computes Torque T_{er} based on this. What is necessary is to replace with processing of steps

S128 and S130 of the torque control routine illustrated to drawing 7 and drawing 8 in this case, and just to perform step S214 of a torque control routine thru/or the processing of S216 illustrated to drawing 17. In this processing, the rotational frequency Ne of an engine 150 is inputted (step S214), based on the inputted rotational frequency Ne, the angular acceleration domegae of a crankshaft 156 is calculated by the formula (7) and the same formula (step S215), and Torque Ter is computed by the degree type (13) using this angular acceleration domegae (step S216). "Iem" of the 2nd term of the right-hand side in a formula (13) is the moment of inertia of the engine 150 seen from the engine 150 of the inertial system which consists of an engine 150 mechanically combined through planetary gear 120, and a motor MG 1, and a motor MG 1. In addition, the rotational frequency Ne of an engine 150 is good also as what transforms and asks for a formula (2) from the rotational frequency Ns of the sun gear shaft 125, and the rotational frequency Nr of the flywheel-starter-gear shaft 126, and you may ask for it from angle of rotation of the crankshaft 156 which installs a resolver in a crankshaft 156 and is detected from this resolver. Moreover, it is good also as what inputs the signal detected by the rotational frequency sensor 176 attached in the distributor 160 by the communication link from EFIECU170.

[0080]

[Equation 11]

$$Ter \leftarrow \frac{Im1 *}{\rho} - \frac{Iem \times d\omega e}{1 + \rho} \quad \cdots \cdots (13)$$

[0081] Although target torque Te* of an engine 150 and target engine-speed Ne* shall be set up based on the energy Pr which should be outputted to the ring wheel shaft 126 and this shall be provided with the power output unit 110 of an example by the energy Pe outputted from an engine 150 Shall provide meals with the electrical energy to which a part of energy Pr which should be outputted to the ring wheel shaft 126 is supplied from a dc-battery 194, or It is good also as what operates an engine 150 so that the energy Pe more superfluous than Energy Pr may be outputted, and charges a dc-battery 194 by residual energy. In this case, what is necessary is just to let the formula of step S108 of the torque control routine of drawing 7 be a degree type (14). In addition, Pb in this formula (14) is electrical energy by which charge and discharge are carried out from a dc-battery 194, and when charging a dc-battery 194 and discharging from a dc-battery 194 with a forward value, it serves as a negative value. if it carries out like this, while performing the charge and discharge of a dc-battery 194 -- **** -- it can be stabilized and the torque which an operator wants can be outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126.

[0082]

$$Pr + Pb = Te * x Ne * \quad \cdots \cdots (14)$$

[0083] In addition, in the transient which the output energy Pr increases in this configuration as well as the above-mentioned example, the speed of change of target rotational frequency Ns* is controlled so that target rotational frequency Ns* of the sun gear shaft 125 may be gradually shifted to a desired value by primary delay control. By this configuration, the same effectiveness as the 1st example can be done so.

[0084] Although the power output unit 110 of an example explained the time of an engine 150 continuing, and being operated and the operation point being changed, the torque control routine of drawing 7 is applicable also to the transient at the time of suspending operation of an engine 150. In this case, what is necessary is just to set a value 0 as target torque Te* and target rotational frequency Ne*. In addition, when operation of an engine 150 was suspended, the operator may have given the directions which suspend an engine 150 the time when the energy Pr which should be outputted to the ring wheel shaft 126 is smaller than the minimum energy Pe (energy Pe in the operation point Amin with which it is expressed at Torque Temin and a rotational frequency Nemin among drawing 10) in which an engine 150 to an output is possible, and for the objects, such as environmental protection.

[0085] Although target torque Te* and target rotational frequency Ne* were set up in the power output unit 110 of an example so that the effectiveness of an engine 150 might become high, it is good also as what sets up target torque Te* and target rotational frequency Ne* so that emission may become good, and a thing which sets up target torque Te* and target rotational frequency Ne* so that

the sound of an engine 150 may become small.

[0086] Although the power outputted to the flywheel-starter-gear shaft 126 was taken out from between a motor MG 1 and motors MG 2 in the power output unit 110 of an example through the power fetch gear 128 combined with flywheel starter gear 122, as shown in power output unit 110A of the modification of drawing 18, it is good also as what extends and picks out the flywheel-starter-gear shaft 126 from a case 119. Moreover, as shown in power output unit 110B of the modification of drawing 19, you may arrange so that it may become the order of planetary gear 120, a motor MG 2, and a motor MG 1 from an engine 150 side. In this case, sun gear shaft 125B may not be hollow, and flywheel-starter-gear shaft 126B needs to be taken as a hollow shaft. If it carries out like this, the power outputted to ring wheel shaft 126B can be taken out from between an engine 150 and motors MG 2.

[0087] Although it is the modification which used planetary gear 120, the above is very good in the configuration which does not use planetary gear 120, as shown in drawing 20. With the configuration shown in drawing 20, it replaces with the motor MG 1 in drawing 1, and planetary gear 120, and Rota (inner rotor) 234 and the both sides of a stator (outer rotor) 232 are relatively [shaft center / same] pivotable, and the clutch motor MG 3 which can act as a magnetic coupling is used. The outer rotor 232 of the clutch motor MG 3 is mechanically combined with the crankshaft 156 of an engine 150, and the inner rotor 234 of the clutch motor MG 3 and Rota 142 of a motor MG 2 are combined with driving shaft 112A. The stator 143 of a motor MG 2 is being fixed to the case 119.

[0088] With this configuration, it replaces with planetary gear 120 and the clutch motor MG 3 distributes energy. The relative revolution of the inner rotor 234 and an outer rotor 232 can be controlled by electric energy outputted and inputted by the clutch motor MG 3, and the power of an engine 150 can be transmitted to driving shaft 112A by it. Moreover, since Rota 132 of a motor MG 2 is attached in driving shaft 112A, a motor MG 2 can also be made into a driving source. Furthermore, it can also generate electricity by the motor MG 3 with the power of an engine 150. Operation of an engine 150 is controlled by the clutch motor MG 3, and since assistance of the power outputted to a driving shaft by the motor MG 2 is made and the noise of an engine 150 increases in the transient to which demand power increases, this invention is applicable with such a hybrid car of a configuration.

[0089] Furthermore, a hybrid car may be the configuration of the so-called series type as shown in drawing 21. By the series-type hybrid car, the output shaft of an engine 150 is mechanically combined with Generator G. The engine 150 is not combined although the motor MG 4 is combined with driving wheels 116 and 118 through the power transfer gear 111 grade. In order to take such a configuration, by the series-type hybrid car, the power of an engine 150 is not transmitted to driving wheels 116 and 118, and is used for operation of Generator G, and a car is driven by operating a motor MG 4 with the power of a dc-battery 194.

[0090] like this -- ** -- by the series-type hybrid car [like] of a configuration, this invention is applicable by performing operation control of an engine [as / so that may control the speed which changes engine operational status to the transient of buildup of demand power by control unit 190B]. Although, as for a series-type hybrid car, the torque of an engine 150 and Generator G is not transmitted to the direct-drive shaft 312, since the shock accompanying sudden change of the torque of Generator G will be felt by crew through a car body, the reduction effectiveness of the shock by this invention is effective.

[0091] Moreover, it is target rotational frequency Ne^* of the sun gear shaft 125 at changing to this and increasing the neutral zone of control [**** / changing the gain of control], although primary delay of a time constant T_0 was controlled by step S122 of said example. It can also consider as the configuration which makes speed of the receiving response slow.

[0092] As mentioned above, although the gestalt of operation of this invention was explained, as for this invention, it is needless to say that it can carry out with the gestalt which becomes various within limits which are not limited to the gestalt of such operation at all, and do not deviate from the summary of this invention.

[0093] For example, in the power output unit 110 of the example mentioned above, although the gasoline engine was used as an engine 150, various kinds of internal combustion, such as a diesel

power plant, a turbine engine, and a jet engine, or an external combustion engine can also be used. [0094] Moreover, although planetary gear 120 were used as a 3 shaft type power I/O means in the power output unit 110 of an example, a sun gear and another side of one side are good also as a thing using double pinion planetary gear equipped with two or more set Mino planetary 2 1 set of pinion gears which revolve around the sun while carrying out gear association with flywheel starter gear, carrying out gear association mutually and rotating the periphery of a sun gear. In addition, if the power which will be outputted and inputted by one residual shaft based on this determined power if the power outputted and inputted by any 2 shafts among three shafts as a 3 shaft type power I/O means is determined is determined, what kind of equipment, gear unit, etc. can also use a differential gear etc.

[0095] Furthermore, in the power output unit 110 of an example, although PM form (permanent magnet form-ermanent Magnet type) synchronous motor was used for the motor MG 1 and the motor MG 2, if the both sides of regeneration actuation and a powering movement are possible, VR form (adjustable reluctance form; Variable Reluctance type) synchronous motor, a vernier motor, a direct current motor, an induction motor, a superconducting motor, a step motor, etc. can also be used.

[0096] Or in the power output unit 110 of an example, although the transistor inverter was used as 1st and 2nd actuation circuits 191,192, an IGBT (insulated-gate bipolar mode transistor; Insulated Gate Bipolar mode Transistor) inverter, a thyristor inverter, an electrical-potential-difference PWM (pulse-width-modulation-ulse Width Modulation) inverter, a square wave inverter (an electrical-potential-difference form inverter, current form inverter), a resonance inverter, etc. can also be used.

[0097] Moreover, as a dc-battery 194, although Pb dc-battery, a NiMH dc-battery, Li dc-battery, etc. can be used, it can replace with a dc-battery 194 and a capacitor can also be used.

[0098] Although the above example explained the case where a power output unit was carried in a car, this invention is not limited to this and, in addition to this, can also be carried [means of transportation, such as a marine vessel and an aircraft, and] in various industrial machines etc.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the outline configuration of the power output unit 110 as one example of this invention.

[Drawing 2] It is the elements on larger scale of the power output unit 110 of an example.

[Drawing 3] It is the block diagram which illustrates the configuration of the outline of the car incorporating the power output unit 110 of an example.

[Drawing 4] It is a graph for explaining the principle of operation of the power output unit 110 of an example.

[Drawing 5] It is collinear drawing showing the rotational frequency of three shafts and the relation of torque which were combined with the planetary gear 120 in an example.

[Drawing 6] It is collinear drawing showing the rotational frequency of three shafts and the relation of torque which were combined with the planetary gear 120 in an example.

[Drawing 7] It is the flow chart which illustrates a part for the first portion of the torque control routine performed by the control device 180 of an example.

[Drawing 8] It is the flow chart which illustrates the second half part of the torque control routine.

[Drawing 9] It is the explanatory view which illustrates the relation between the engine speed N_r of the ring wheel shaft 126, and the accelerator pedal position AP and torque command value Tr^* .

[Drawing 10] It is the graph which illustrates the operation point of an engine 150, and the relation of effectiveness.

[Drawing 11] It is the graph which illustrates the relation between the effectiveness of the operation point of the engine 150 in alignment with the curve of energy regularity, and the rotational frequency N_e of an engine 150.

[Drawing 12] It is the graph which illustrates the three-dimension map in which the relation between the charge capacity SOC, the dc-battery temperature B_t , and the maximum output capacity W_{out} is shown.

[Drawing 13] It is the graph which illustrates the two-dimensional map in which the relation between the maximum output capacity W_{out} and a time constant T_0 is shown.

[Drawing 14] It is the graph which shows how target rotational frequency N_e^* of the sun gear shaft 125 searched for by primary delay control changes with the passage of time.

[Drawing 15] It is the flow chart which illustrates fundamental processing of control of the motor MG 1 performed by the control CPU 190 of a control unit 180.

[Drawing 16] It is the flow chart which illustrates fundamental processing of control of the motor MG 2 performed by the control CPU 190 of a control unit 180.

[Drawing 17] It is the flow chart which illustrates a part of torque control routine of a modification.

[Drawing 18] It is the block diagram showing the outline configuration of power output unit 110A of a modification.

[Drawing 19] It is the block diagram showing the outline configuration of power output unit 110B of a modification.

[Drawing 20] It is the explanatory view showing the outline configuration of an electric distribution type hybrid car.

[Drawing 21] It is the explanatory view showing the outline configuration of a series type hybrid car.

[Description of Notations]

110 -- Power output unit
110A-110C -- Power output unit
111 -- Power transfer gear
112 -- Driving shaft
114 -- Differential gear
116,118 -- Driving wheel
117,119 -- Driving wheel
119 -- Case
120 -- Planetary gear
121 -- Sun gear
122 -- Flywheel starter gear
123 -- Planetary pinion gear
124 -- Planetary carrier
125 -- Sun gear shaft
126 -- Flywheel-starter-gear shaft
128 -- Power fetch gear
129 -- Chain belt
132 -- Rota
133 -- Stator
134 -- Three phase coil
135 -- Permanent magnet
139 -- Resolver
142 -- Rota
143 -- Stator
144 -- Three phase coil
145 -- Permanent magnet
149 -- Resolver
150 -- Engine
151 -- Fuel injection valve
152 -- Combustion chamber
154 -- Piston
156 -- Crankshaft
158 -- Ignitor
160 -- Distributor
162 -- Ignition plug
164 -- Accelerator pedal
164a -- Accelerator pedal position sensor
165 -- Brake pedal
165a -- Brake-pedal position sensor
166 -- Throttle valve
167 -- Throttle-valve position sensor
168 -- Actuator
170 -- EFIECU
172 -- Inlet-pipe negative pressure sensor
174 -- Coolant temperature sensor
176 -- Rotational frequency sensor
178 -- Angle-of-rotation sensor
179 -- Starting switch
180 -- Control unit
182 -- Shift lever
184 -- Shift position sensor
190 -- Control CPU
190 a--RAM

190 b--ROM
191 -- 1st actuation circuit
192 -- 2nd actuation circuit
194 -- Dc-battery
195,196 -- Current detector
197,198 -- Current detector
199 -- Charge capacitive detector
200 -- Dc-battery thermometric element
L1, L2 -- Power-source line
MG1 -- Motor
MG2 -- Motor
Tr1-Tr6 -- Transistor
Tr11-Tr16 -- Transistor

[Translation done.]

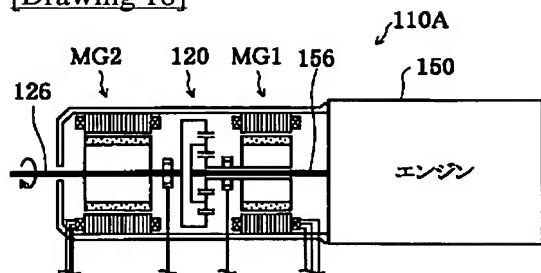
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

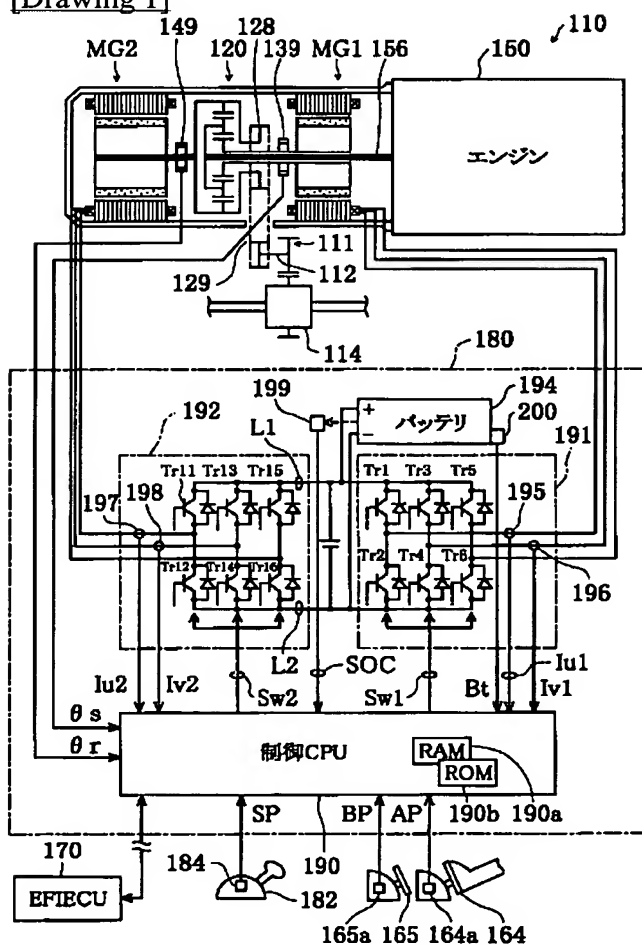
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

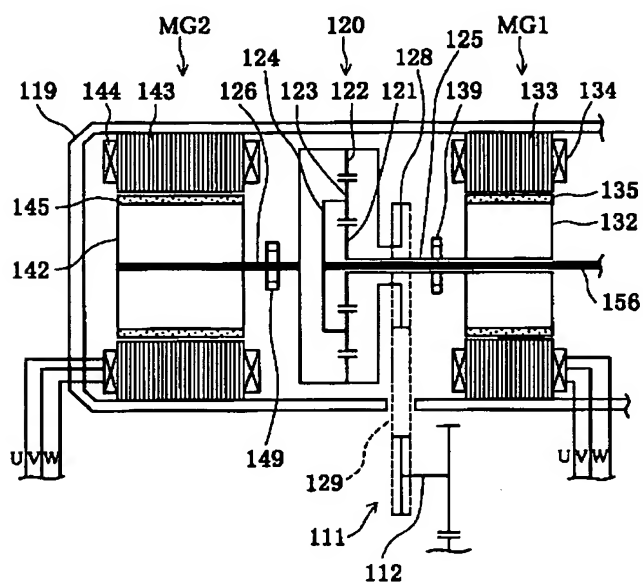
[Drawing 18]



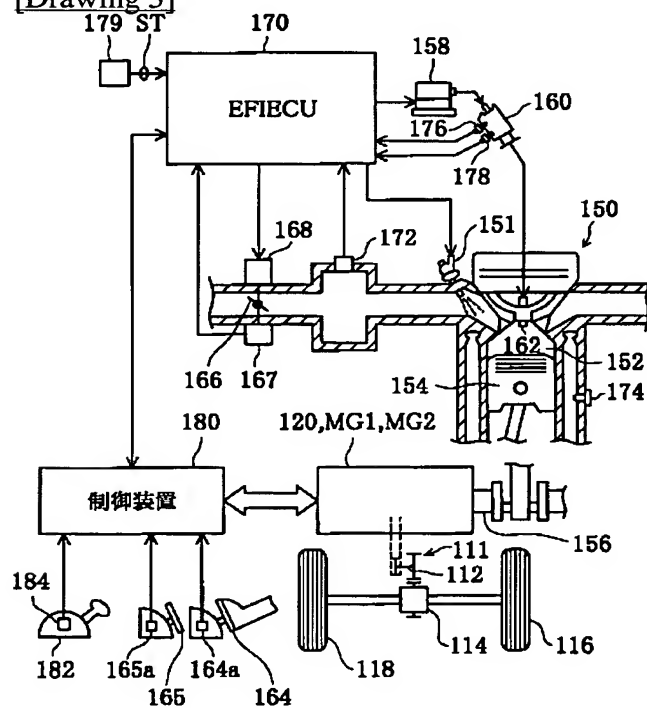
[Drawing 1]



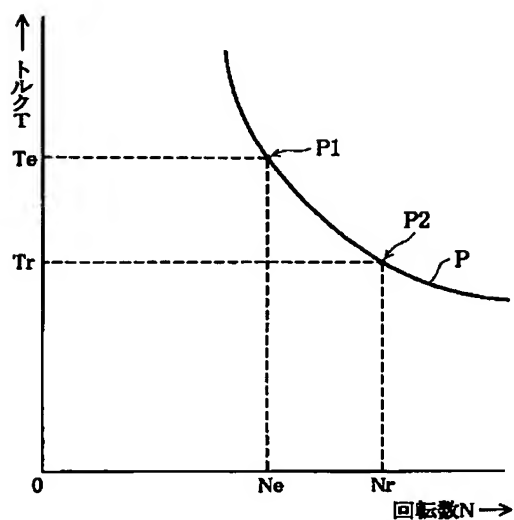
[Drawing 2]



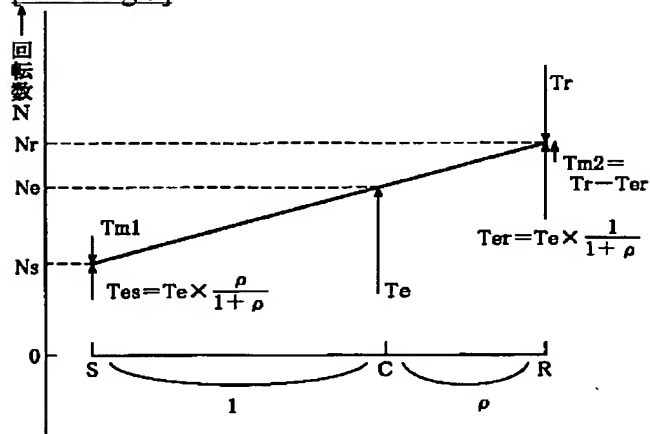
[Drawing 3]



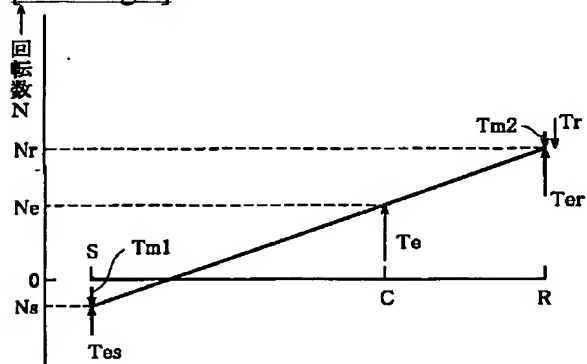
[Drawing 4]



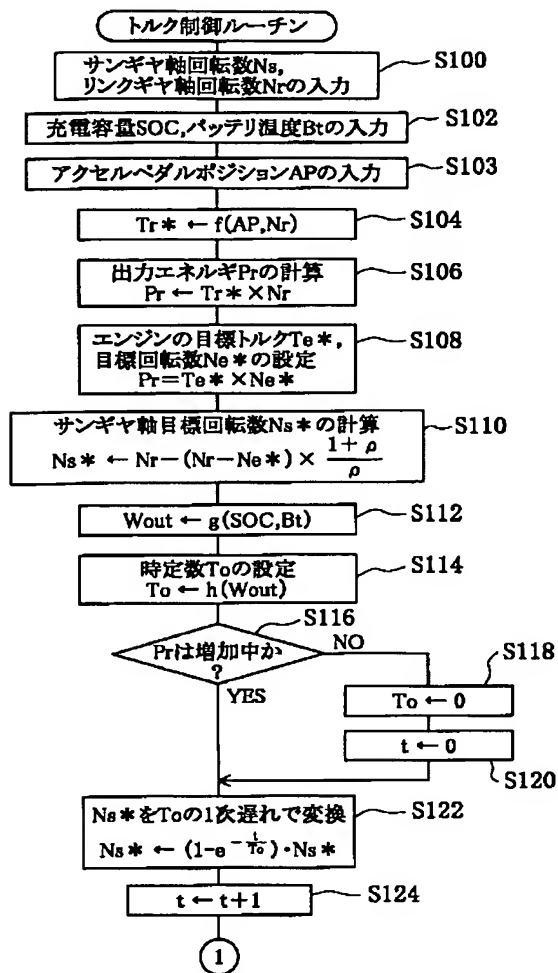
[Drawing 5]



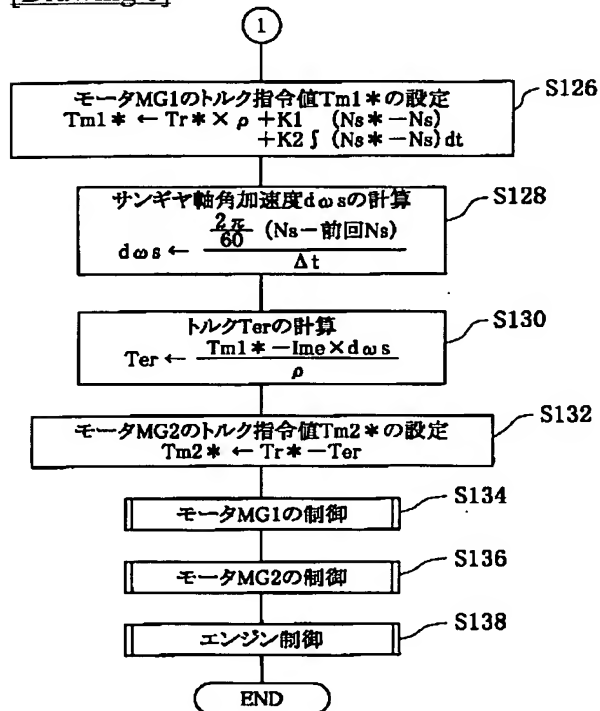
[Drawing 6]



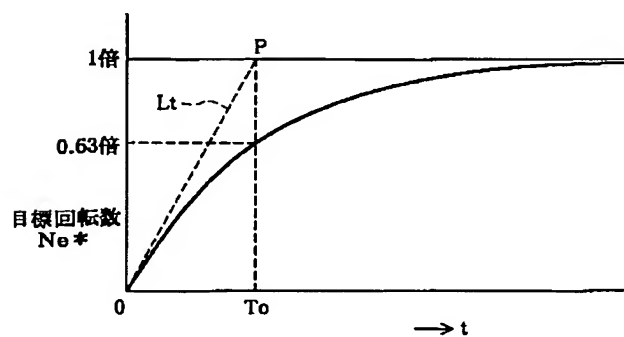
[Drawing 7]



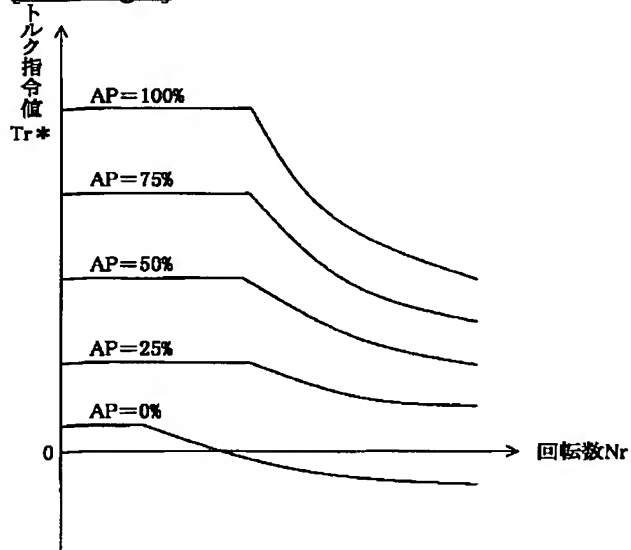
[Drawing 8]



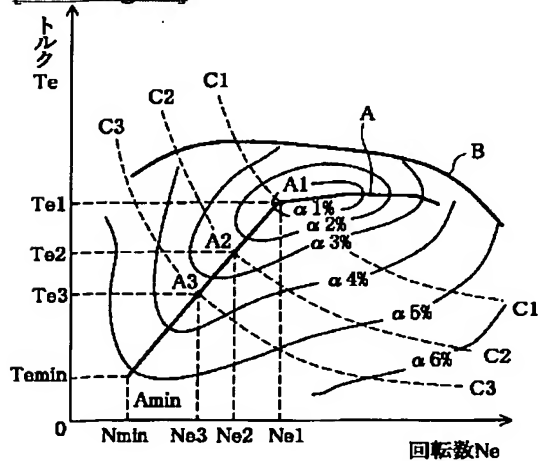
[Drawing 14]



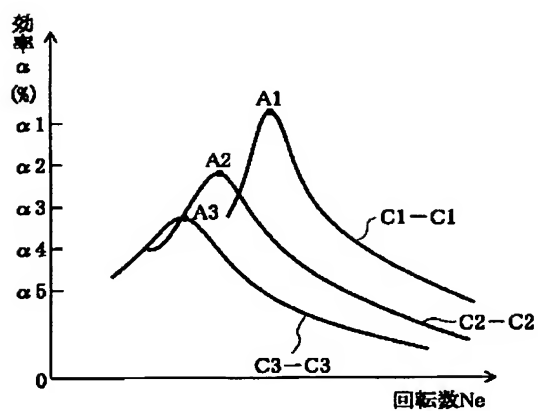
[Drawing 9]



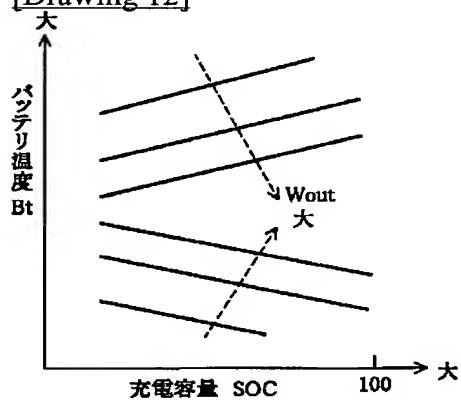
[Drawing 10]



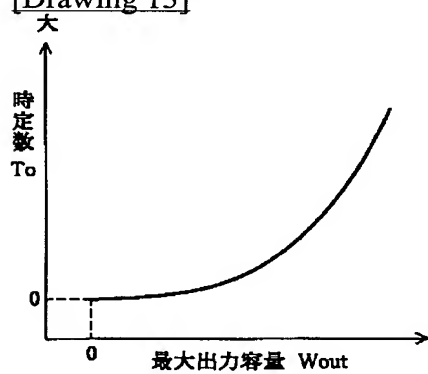
[Drawing 11]



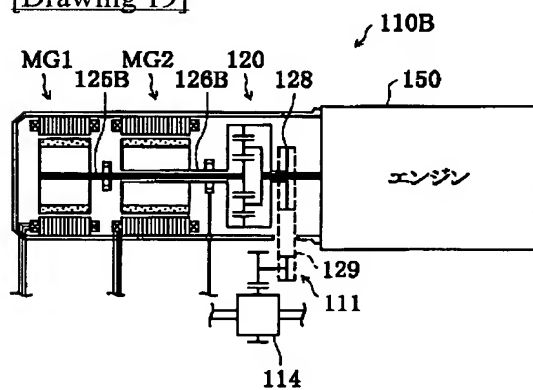
[Drawing 12]



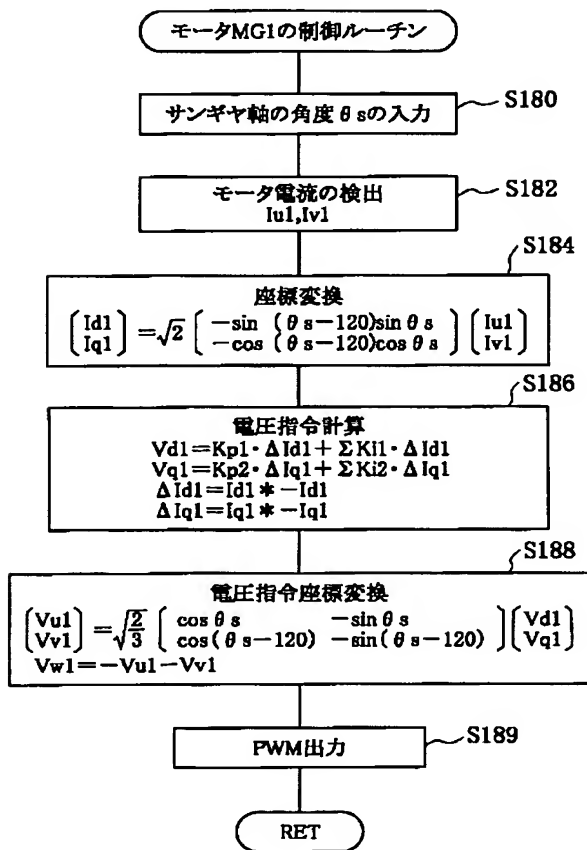
[Drawing 13]



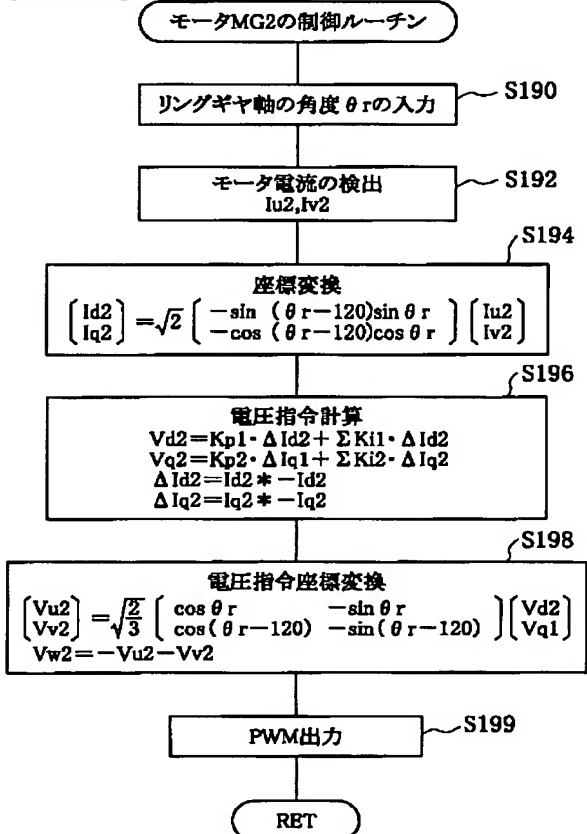
[Drawing 19]



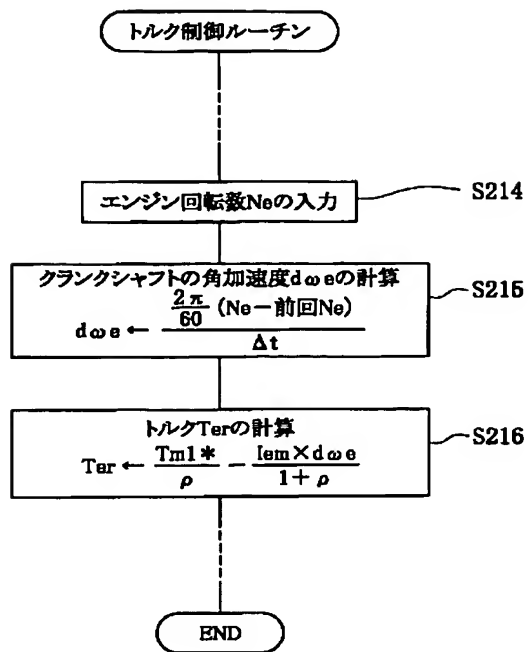
[Drawing 15]



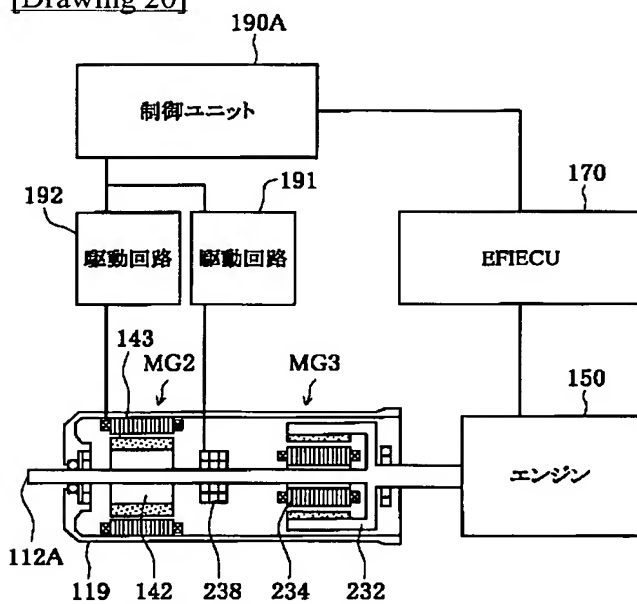
[Drawing 16]



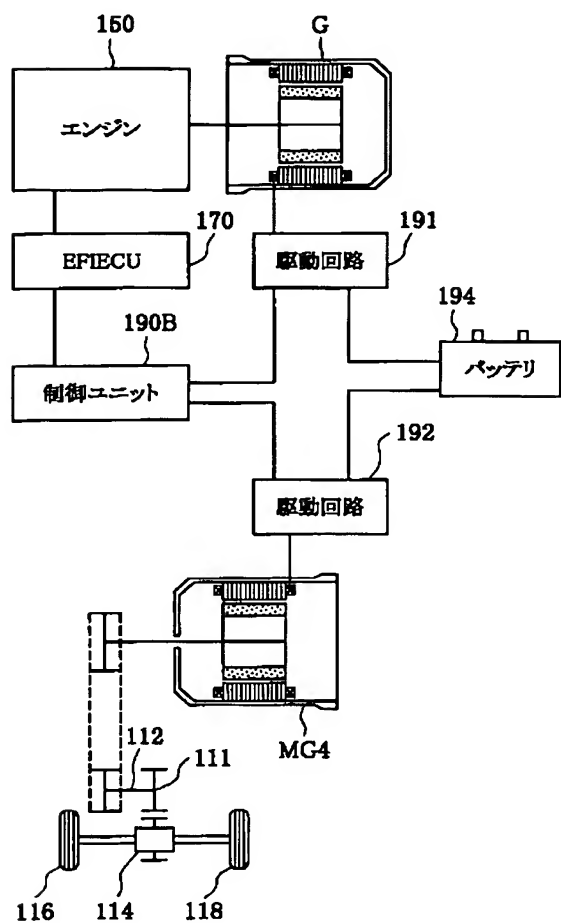
[Drawing 17]



[Drawing 20]



[Drawing 21]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-164960
(P2001-164960A)

(43) 公開日 平成13年6月19日 (2001.6.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 D 29/06		F 0 2 D 29/06	M 3 G 0 9 3
B 6 0 K 6/02		B 6 0 L 11/14	5 H 1 1 5
B 6 0 L 11/14		B 6 0 K 9/00	E

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平11-352898

(22) 出願日 平成11年12月13日 (1999. 12. 13)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 佐々木 正一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100096817

弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

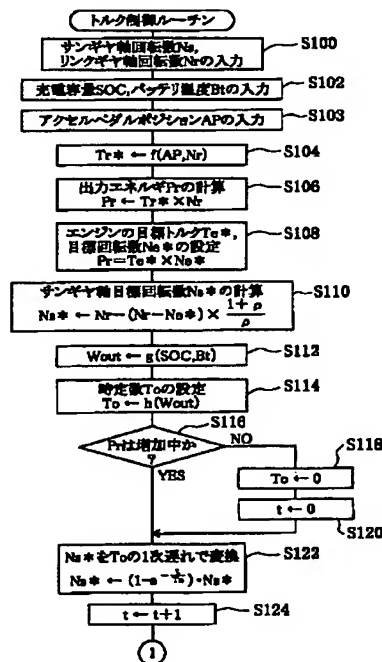
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動力出力装置および動力出力方法

(57) 【要約】

【課題】 要求動力が変動する過渡時において、原動機からの騒音の発生を抑え、また無駄なエネルギー消費を抑える。

【解決手段】 エンジンの出力軸、第1モータの回転軸、駆動軸(第2モータの回転軸)の三軸をプラネタリギヤを介して結合する。エンジン回転数は第1モータの制御により調整する。駆動軸に結合された第2モータにより必要に応じて動力を付加する。駆動軸に出力すべき動力を制御するに際し、要求動力に相当する出力エネルギー P_r が増加する過渡時においては (S116)、サンギヤ軸の目標回転数 N_{s*} を1次遅れ制御により徐々に所望の値に移行するように目標回転数 N_{s*} の応答の速さを抑制する (S122)。この結果、出力エネルギー P_r の増大に緩やかに追従して、サンギヤ軸の回転数 N_s の制御によって決まるエンジン回転数が変動することになる。このときの動力の不足分は第2モータにより補われる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原動機と電動機とを備えて駆動軸に動力を出力する動力出力装置であって、前記駆動軸に出力すべき要求動力を設定する要求動力設定手段と、
該設定された要求動力に基づいて前記原動機の運転状態を設定する運転状態設定手段と、
該設定された運転状態で前記原動機が運転されるように前記原動機を制御する原動機制御手段と、
該原動機制御手段による前記原動機の制御に伴って前記駆動軸から出力される動力に基づいて前記要求動力が前記駆動軸に出力されるように前記電動機を制御する電動機制御手段とを備え、
前記原動機制御手段は、
前記要求動力が増大する過渡時における前記原動機の制御の応答の速さを抑制する遅れ制御を行なう遅れ制御手段を備える動力出力装置。

【請求項2】 前記運転状態設定手段により設定する前記原動機の運転状態は、前記原動機の回転速度である請求項1に記載の動力出力装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の動力出力装置であって、
前記電動機へ電力を供給する蓄電手段の蓄電状態を検出する蓄電状態検出手段を備え、
前記遅れ制御手段は、
前記蓄電状態検出手段により検出された前記蓄電状態に基づいて前記遅れ制御による遅れの時定数を設定する時定数設定手段を備える動力出力装置。

【請求項4】 前記時定数設定手段は、前記蓄電手段の蓄電量が大きい程に前記時定数が大きくなるように設定を行なう手段である請求項3に記載の動力出力装置。

【請求項5】 前記運転状態設定手段は、前記原動機の効率が高くなるように該原動機の運転状態を設定する手段である請求項1ないし4のいずれかに記載の動力出力装置。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれかに記載の動力出力装置であって、
前記電動機は前記駆動軸に接続される構成であるとともに、
回転軸を有し、該回転軸と動力のやり取りを行なう副電動機と、
前記駆動軸と前記原動機の出力軸と前記回転軸とに各々結合される3軸を有し、該3軸のうちいずれか2軸へ動力が入出力されたとき、該入出力された動力に基づいて定まる動力を残余の1軸へ入出力する3軸式動力入出力手段とを備え、
前記原動機制御手段は、
前記電動機および副電動機に対する電力のやり取りを通じて前記原動機の運転状態を制御する手段を備える動力出力装置。

【請求項7】 原動機と電動機とを用いて駆動軸に動力を出力する動力出力方法であって、
前記駆動軸に出力すべき要求動力を設定し、
該設定された要求動力に基づいて前記原動機の運転状態を設定し、
該設定された運転状態で前記原動機が運転されるように前記原動機を制御するとともに、
該原動機の制御に伴って前記駆動軸から出力される動力に基づいて前記要求動力が前記駆動軸に出力されるように前記電動機を制御し、
さらに、
前記原動機の制御において、前記要求動力が増大する過渡時における前記原動機の制御の応答の速さを抑制する遅れ制御を行なう動力出力方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、原動機と電動機とを備えて駆動軸に動力を出力する動力出力装置と動力出力方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ガソリンレシプロエンジンなどの原動機の燃費や排ガス浄化性能の飛躍的な向上を目的として、いわゆるハイブリッド車両の構成が提案されている。ハイブリッド車両は大きく分けると、原動機により発電機を駆動して発電を行ない、発電した電力で電動機を駆動して車両の推進力を得るシリーズハイブリッド方式のものと、駆動軸に原動機と電動機とをそれぞれ結合し、原動機と電動機とにより車両の推進力を得るパラレルハイブリッド方式のものとが知られている。

【0003】いずれの方式でも、原動機から出力された動力を、駆動軸に任意の回転速度およびトルクで出力することができることから、原動機は運転効率の高い動作点を選択して運転することが可能となる。こうした動力出力装置の一例として、特開平10-98805号公報に記載のものが提案されている。この動力出力装置は、アクセル開度で定まる運転者の要求動力を取り込んで、この要求動力に基づいて原動機の目標動力を運転効率の高い動作点上に決め、該目標動力で原動機の運転を制御するとともに、電動機を制御することにより、原動機から出力される動力で不足する分を電動機から出力される動力によって補うように構成されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記従来の技術では、運転者がアクセルペダルを操作して出力の変動を要求したとき、まず、その要求動力に基づいて原動機の目標動力が決められることから、上記要求動力の増大に素早く追従して原動機の運転状態（具体例としては回転速度）が切り替えられる。運転者によるアクセルペダルの操作は、微妙に変動するものであることから、原動機の運転状態は頻繁に切り替えられることになる。このために、

原動機から煩雑に変化する騒音が発生する問題や、運転状態を頻繁に切り替えるための無駄なエネルギー消費を必要とするといった改善の余地が見い出された。

【0005】そこで、本発明の動力出力装置および動力出力方法は、要求動力が変動する過渡時において、原動機からの騒音の発生を抑え、また無駄なエネルギー消費を抑えることを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上記課題を解決するために、本発明の動力出力装置は、原動機と電動機とを備えて駆動軸に動力を出力する動力出力装置であって、前記駆動軸に出力すべき要求動力を設定する要求動力設定手段と、該設定された要求動力に基づいて前記原動機の運転状態を設定する運転状態設定手段と、該設定された運転状態で前記原動機が運転されるように前記原動機を制御する原動機制御手段と、該原動機制御手段による前記原動機の制御に伴って前記駆動軸から出力される動力に基づいて前記要求動力が前記駆動軸に出力されるように前記電動機を制御する電動機制御手段とを備え、前記原動機制御手段は、前記要求動力が増大する過渡時における前記原動機の制御の応答の速さを抑制する遅れ制御を行なう遅れ制御手段を備えることを要旨とする。

【0007】上記構成の動力出力装置では、駆動軸に出力すべき要求動力に基づいて原動機の運転状態が設定され、その設定された運転状態で原動機が運転されるように、原動機制御手段により原動機が制御されるとともに、その原動機の制御に伴って駆動軸から出力される動力に基づいて要求動力が駆動軸に出力されるように、電動機制御手段により電動機が制御される。さらに、原動機制御手段に設けられた遅れ制御手段により、要求動力が増大する過渡時における原動機の制御の応答の速さが抑制される。このために、要求動力が増大する過渡時においては、その要求動力の増大に緩やかに追従して原動機の制御がなされる。このとき、その緩やかに変動する原動機の制御に伴って駆動軸から出力される動力に基づいて電動機の制御がなされることから、原動機の運転状態を緩やかに変動させたことによって要求動力からみて不足する動力分が、電動機から出力される動力で補われることになる。

【0008】したがって、本発明の動力出力装置によれば、要求動力が増大する過渡時において、駆動軸への出力動力に不足が生じることもなしに、原動機の運転状態の急激な変動を抑えることができる。この結果、原動機の運転状態の変動によって原動機から発生する騒音を抑えることができる。また、原動機の運転状態の無駄な切り替えがなくなることから無駄なエネルギー消費を抑えることもできる。

【0009】上記構成の動力出力装置において、前記運転状態設定手段により設定する前記原動機の運転状態

は、前記原動機の回転速度とすることができる。この構成によれば、原動機の回転速度を制御することで、原動機から出力される動力が制御される。

【0010】上記構成の動力出力装置において、前記電動機へ電力を供給する蓄電手段の蓄電状態を検出する蓄電状態検出手段を備え、前記遅れ制御手段は、前記蓄電状態検出手段により検出された前記蓄電状態に基づいて前記遅れ制御による遅れの時定数を設定する時定数設定手段を備える構成とすることができる。この構成によれば、遅れ制御による遅れの時定数が、電動機へ電力を供給する蓄電手段の蓄電状態に応じた大きさに設定される。遅れの時定数を大きくすることは、電動機による動力の負担増を招くことになり、蓄電手段が十分に蓄電されている必要がある。このため、蓄電状態に応じた大きさに遅れの時定数を設定することで、時定数を大きくし過ぎたことで、電動機による動力の負担が増大して蓄電手段の蓄電状態が悪化するといった不具合を防止することができる。

【0011】上記蓄電状態に基づいて遅れの時定数を設定する構成の動力出力装置において、前記時定数設定手段は、前記蓄電手段の蓄電量が大きい程に前記時定数が大きくなるように設定を行なう手段とすることができる。この構成によれば、蓄電手段の蓄電量が低下しているとき遅れ制御による遅れの時定数を大きくして電動機による動力の負担を増大させるようなことがなくなる。

【0012】上記構成の動力出力装置において、前記運転状態設定手段は、前記原動機の効率が高くなるように該原動機の運転状態を設定する手段とすることができる。この構成によれば、原動機の燃費効率を高めることができる。

【0013】上記構成の動力出力装置において、前記電動機は前記駆動軸に接続される構成であるとともに、回転軸を有し、該回転軸と動力のやり取りを行なう副電動機と、前記駆動軸と前記原動機の出力軸と前記回転軸とに各々結合される3軸を有し、該3軸のうちいずれか2軸へ動力が入出力されたとき、該入出力された動力に基づいて定まる動力を残余の1軸へ入出力する3軸式動力入出力手段とを備え、前記原動機制御手段は、前記電動機および副電動機に対する電力のやり取りを通じて前記原動機の運転状態を制御する手段を備える構成とすることができる。この構成によれば、両電動機に対する電力のやり取りを行なうことで、原動機を所望の運転状態に保ちながらも要求動力を駆動軸に安定して出力することができる。

【0014】本発明の動力出力方法は、原動機と電動機とを用いて駆動軸に動力を出力する動力出力方法であって、前記駆動軸に出力すべき要求動力を設定し、該設定された要求動力に基づいて前記原動機の運転状態を設定し、該設定された運転状態で前記原動機が運転されるように前記原動機を制御するとともに、該原動機の制御に

10

20

30

40

50

伴って前記駆動軸から出力される動力に基づいて前記要求動力が前記駆動軸に出力されるように前記電動機を制御し、さらに、前記原動機の制御において、前記要求動力が増大する過渡時における前記原動機の制御の応答の速さを抑制する遅れ制御を行なうことを要旨とする。

【0015】本発明の動力出力方法によれば、本発明の動力出力装置と同様に、要求動力が増大する過渡時において、駆動軸への出力動力に不足が生じることもなしに、原動機の運転状態の急激な変動を抑えることができ、この結果、原動機の運転状態の変動によって発生する原動機からの騒音を抑えることができる。また、原動機の運転状態の無駄な切り替えがなくなることから無駄なエネルギー消費を抑えることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を実施例に基づいて説明する。図1は本発明の一実施例としての動力出力装置110の概略構成を示す構成図、図2は実施例の動力出力装置110の部分拡大図、図3は実施例の動力出力装置110を組み込んだ車両の概略構成を示す構成図である。説明の都合上、まず図3を用いて、

【0017】図3に示すように、この車両は、ガソリンを燃料として動力を出力するエンジン150を備える。このエンジン150は、吸気系からスロットルバルブ166を介して吸入した空気と燃料噴射弁151から噴射されたガソリンとの混合気を燃焼室152に吸入し、この混合気の爆発により押し下げられるピストン154の運動をクランクシャフト156の回転運動に変換する。ここで、スロットルバルブ166はアクチュエータ168により開閉駆動される。点火プラグ162は、イグナイタ158からディストリビュータ160を介して導かれた高電圧によって電気火花を形成し、混合気はその電気火花によって点火されて爆発燃焼する。

【0018】このエンジン150の運転は、電子制御ユニット（以下、E F I E C Uと呼ぶ）170により制御されている。E F I E C U 170には、エンジン150の運転状態を示す種々のセンサが接続されている。例えば、スロットルバルブ166の開度（ポジション）を検出するスロットルバルブポジションセンサ167、エンジン150の負荷を検出する吸気管負圧センサ172、エンジン150の水温を検出する水温センサ174、ディストリビュータ160に設けられクランクシャフト156の回転数と回転角度を検出する回転数センサ176及び回転角度センサ178などである。なお、E F I E C U 170には、この他、例えばイグニッションキーの状態S Tを検出するスタータスイッチ179なども接続されているが、その他のセンサ、スイッチなどの図示は省略した。上記回転数センサ176で検出する回転数は、所定時間当たりの回転数であり、回転速度に相当する。以下、回転数と呼ぶ物理量は回転速度を示すものと

する。

【0019】エンジン150のクランクシャフト156は、後述するブラネタリギヤ120やモータMG1、モータMG2を介して駆動軸112を回転軸とする動力伝達ギヤ111に機械的に結合されており、この動力伝達ギヤ111はディファレンシャルギヤ114にギヤ結合されている。したがって、動力出力装置110から出力された動力は、最終的に左右の駆動輪116、118に伝達される。モータMG1およびモータMG2は、制御装置180に電氣的に接続されており、この制御装置180によって駆動制御される。制御装置180の構成は後で詳述するが、内部には制御CPUが備えられており、シフトレバー182に設けられたシフトポジションセンサ184やアクセルペダル164に設けられたアクセルペダルポジションセンサ164a、ブレーキペダル165に設けられたブレーキペダルポジションセンサ165aなども接続されている。また、制御装置180は、上述したE F I E C U 170と通信により、種々の情報をやり取りしている。これらの情報のやり取りを含む制御については、後述する。

【0020】図1に示すように、実施例の動力出力装置110は、大きくは、エンジン150、エンジン150のクランクシャフト156にブラネタリキャリア124が機械的に結合されたブラネタリギヤ120、ブラネタリギヤ120のサンギヤ121に結合されたモータMG1、ブラネタリギヤ120のリングギヤ122に結合されたモータMG2およびモータMG1、MG2を駆動制御する制御装置180から構成されている。

【0021】ブラネタリギヤ120およびモータMG1、MG2の構成について、図2により説明する。ブラネタリギヤ120は、クランクシャフト156に軸中心を貫通された中空のサンギヤ軸125に結合されたサンギヤ121と、クランクシャフト156と同軸のリングギヤ軸126に結合されたリングギヤ122と、サンギヤ121とリングギヤ122との間に配置されサンギヤ121の外周を自転しながら公転する複数のブラネタリビニオンギヤ123と、クランクシャフト156の端部に結合され各ブラネタリビニオンギヤ123の回転軸を軸支するブラネタリキャリア124とから構成されている。このブラネタリギヤ120では、サンギヤ121、リングギヤ122およびブラネタリキャリア124にそれぞれ結合されたサンギヤ軸125、リングギヤ軸126およびクランクシャフト156の3軸が動力の入出力軸とされ、3軸のうちいずれか2軸へ入出力される動力が決定されると、残余の1軸に入出力される動力は決定された2軸へ入出力される動力に基づいて定まる。なお、このブラネタリギヤ120の3軸への動力の入出力についての詳細は後述する。

【0022】リングギヤ122には、動力の取り出し用の動力取出ギヤ128が結合されている。この動力取出

ギヤ128は、チェーンベルト129により動力伝達ギヤ111に接続されており、動力取出ギヤ128と動力伝達ギヤ111との間で動力の伝達がなされる。

【0023】モータMG1は、同期電動発電機として構成され、外周面に複数個の永久磁石135を有するロータ132と、回転磁界を形成する三相コイル134が巻回されたステータ133とを備える。ロータ132は、ブラネタリギヤ120のサンギヤ121に結合されたサンギヤ軸125に結合されている。ステータ133は、無方向性電磁鋼板の薄板を積層して形成されており、ケース119に固定されている。このモータMG1は、永久磁石135による磁界と三相コイル134によって形成される磁界との相互作用によりロータ132を回転駆動する電動機として動作し、永久磁石135による磁界とロータ132の回転との相互作用により三相コイル134の両端に起電力を生じさせる発電機として動作する。なお、サンギヤ軸125には、その回転角度 θ_s を検出するレゾルバ139が設けられている。

【0024】モータMG2も、モータMG1と同様に同期電動発電機として構成され、外周面に複数個の永久磁石145を有するロータ142と、回転磁界を形成する三相コイル144が巻回されたステータ143とを備える。ロータ142は、ブラネタリギヤ120のリングギヤ122に結合されたリングギヤ軸126に結合されており、ステータ143はケース119に固定されている。モータMG2のステータ143も無方向性電磁鋼板の薄板を積層して形成されている。このモータMG2もモータMG1と同様に、電動機あるいは発電機として動作する。なお、リングギヤ軸126には、その回転角度 θ_r を検出するレゾルバ149が設けられている。

【0025】次に、モータMG1、MG2を駆動制御する制御装置180について説明する。図1に示すように、制御装置180は、モータMG1を駆動する第1の駆動回路191、モータMG2を駆動する第2の駆動回路192、両駆動回路191、192を制御する制御CPU190、二次電池であるバッテリー194から構成されている。制御CPU190は、1チップマイクロプロセッサであり、内部に、ワーク用のRAM190a、処理プログラムを記憶したROM190b、入出力ポート（図示せず）およびEFIECU170と通信を行なうシリアル通信ポート（図示せず）を備える。この制御CPU190には、レゾルバ139からのサンギヤ軸125の回転角度 θ_s 、レゾルバ149からのリングギヤ軸126の回転角度 θ_r 、アクセルペダルポジションセンサ164aからのアクセルペダルポジション（アクセルペダルの踏込量）AP、ブレーキペダルポジションセンサ165aからのブレーキペダルポジション（ブレーキペダルの踏込量）BP、シフトポジションセンサ184からのシフトポジションSP、第1の駆動回路191に設けられた2つの電流検出器195、196からの電流

値 I_{u1} 、 I_{v2} 、第2の駆動回路192に設けられた2つの電流検出器197、198からの電流値 I_{u2} 、 I_{v2} 、バッテリー194の残容量（充電容量）を検出する充電容量検出器199からの充電容量SOC、バッテリー温度検出器200からのバッテリー温度 B_t などが、入力ポートを介して入力されている。

【0026】なお、充電容量検出器199は、バッテリー194の電解液の比重またはバッテリー194の全体の重量を測定して充電容量を検出するものや、充電・放電の電流値と時間を演算して充電容量を検出するものや、バッテリーの端子間を瞬間的にショートさせて電流を流し内部抵抗を測ることにより充電容量を検出するものなどが知られている。バッテリー温度検出器200は、バッテリー194の外壁に固着されてバッテリー194の温度を検出するものである。

【0027】また、制御CPU190からは、第1の駆動回路191に設けられたスイッチング素子である6個のトランジスタ T_{r1} ないし T_{r6} を駆動する制御信号SW1と、第2の駆動回路192に設けられたスイッチング素子としての6個のトランジスタ T_{r11} ないし T_{r16} を駆動する制御信号SW2とが出力されている。第1の駆動回路191内の6個のトランジスタ T_{r1} ないし T_{r6} は、トランジスタインバータを構成しており、それぞれ、一対の電源ラインL1、L2に対してソース側とシンク側となるよう2個ずつペアで配置され、その接続点に、モータMG1の三相コイル（UVW）34の各々が接続されている。電源ラインL1、L2は、バッテリー194のプラス側とマイナス側に、それぞれ接続されているから、制御CPU190により対をなすトランジスタ T_{r1} ないし T_{r6} のオン時間の割合を制御信号SW1により順次制御し、三相コイル134の各コイルに流れる電流を、PWM制御によって擬似的な正弦波にすると、三相コイル134により、回転磁界が形成される。

【0028】他方、第2の駆動回路192の6個のトランジスタ T_{r11} ないし T_{r16} も、トランジスタインバータを構成しており、それぞれ、第1の駆動回路191と同様に配置されていて、対をなすトランジスタの接続点は、モータMG2の三相コイル144の各々に接続されている。したがって、制御CPU190により対をなすトランジスタ T_{r11} ないし T_{r16} のオン時間を制御信号SW2により順次制御し、各コイル144に流れる電流を、PWM制御によって擬似的な正弦波にすると、三相コイル144により、回転磁界が形成される。

【0029】以上構成を説明した実施例の動力出力装置110の動作について説明する。実施例の動力出力装置110の動作原理、特にトルク変換の原理は以下の通りである。エンジン150を回転数 N_e 、トルク T_e の運転ポイントP1で運転し、このエンジン150から出力されるエネルギー P_e と同一のエネルギーであるが異なる回

10

20

30

40

50

転数 N_r 、トルク T_r の運転ポイントP2でリングギヤ軸126を運転する場合、すなわち、エンジン150から出力される動力をトルク変換してリングギヤ軸126に作用させる場合について考える。この時のエンジン150とリングギヤ軸126の回転数およびトルクの間係を図4に示す。

【0030】プラネタリギヤ120の3軸（サンギヤ軸125、リングギヤ軸126およびプラネタリキャリア124（クランクシャフト156））における回転数やトルクの間係は、機構学の教えるところによれば、図5および図6に例示する共線図と呼ばれる図として表わすことができ、幾何学的に解くことができる。なお、プラネタリギヤ120における3軸の回転数やトルクの間係は、上述の共線図を用いなくても各軸のエネルギーを計算することなどにより数式的に解析することもできる。本実施例では説明の容易のため共線図を用いて説明する。

【0031】図5における縦軸は3軸の回転数軸であり、横軸は3軸の座標軸の位置の比を表わす。すなわち、サンギヤ軸125とリングギヤ軸126の座標軸S、Rを両端にとったとき、プラネタリキャリア124の座標軸Cは、軸Sと軸Rを1： ρ に内分する軸として定められる。ここで、 ρ は、リングギヤ122の歯数に対するサンギヤ121の歯数の比であり、次式（1）で表わされる。

【0032】

【数1】

$$\rho = \frac{\text{サンギヤの歯数}}{\text{リングギヤの歯数}} \quad \cdots \cdots (1)$$

【0033】いま、エンジン150が回転数 N_e で運転されており、リングギヤ軸126が回転数 N_r で運転されている場合を考えているから、エンジン150のクランクシャフト156が結合されているプラネタリキャリア124の座標軸Cにエンジン150の回転数 N_e を、リングギヤ軸126の座標軸Rに回転数 N_r をプロットすることができる。この二点を通る直線を描けば、この直線と座標軸Sとの交点で表わされる回転数としてサンギヤ軸125の回転数 N_s を求めることができる。以下、この直線を動作共線と呼ぶ。なお、回転数 N_s は、回転数 N_e と回転数 N_r とを用いて比例計算式（次式（2））により求めることができる。このようにプラネタリギヤ120では、サンギヤ121、リングギヤ122およびプラネタリキャリア124のうちいずれか2つの回転を決定すると、残余の1つの回転は、決定した2つの回転に基づいて決定される。

【0034】

【数2】

$$N_s = N_r - (N_r - N_e) \frac{1 + \rho}{\rho} \quad \cdots \cdots (2)$$

【0035】次に、描かれた動作共線に、エンジン150のトルク T_e をプラネタリキャリア124の座標軸Cを作用線として図中下から上に作用させる。このとき動作共線は、トルクに対してはベクトルとしての力を作用させたときの剛体として取り扱うことができるから、座標軸C上に作用させたトルク T_e は、平行な2つの異なる作用線への力の分離の手法により、座標軸S上のトルク T_{es} と座標軸R上のトルク T_{er} とに分離することができる。このときトルク T_{es} および T_{er} の大きさは、次式（3）および（4）によって表わされる。

【0036】

【数3】

$$T_{es} = T_e \times \frac{\rho}{1 + \rho} \quad \cdots \cdots (3)$$

$$T_{er} = T_e \times \frac{1}{1 + \rho} \quad \cdots \cdots (4)$$

【0037】動作共線がこの状態で安定であるためには、動作共線の力の釣り合いをとればよい。すなわち、座標軸S上には、トルク T_{es} と大きさが同じで向きが反対のトルク T_{m1} を作用させ、座標軸R上には、リングギヤ軸126に出力するトルク T_r と同じ大きさと向きが反対のトルクとトルク T_{er} との合力に対し大きさが同じで向きが反対のトルク T_{m2} を作用させるのである。このトルク T_{m1} はモータMG1により、トルク T_{m2} はモータMG2により作用させることができる。このとき、モータMG1では回転の方向と逆向きにトルクを作用させるから、モータMG1は発電機として動作することになり、トルク T_{m1} と回転数 N_s との積で表わされる電気エネルギー P_{m1} をサンギヤ軸125から回生する。モータMG2では、回転の方向とトルクの方向とが同じであるから、モータMG2は電動機として動作し、トルク T_{m2} と回転数 N_r との積で表わされる電気エネルギー P_{m2} を動力としてリングギヤ軸126に出力する。

【0038】ここで、電気エネルギー P_{m1} と電気エネルギー P_{m2} とを等しくすれば、モータMG2で消費する電力のすべてをモータMG1により回生して賄うことができる。このためには、入力されたエネルギーのすべてを出力するものとすればよいから、エンジン150から出力されるエネルギー P_e とリングギヤ軸126に出力されるエネルギー P_r とを等しくすればよい。すなわち、トルク T_e と回転数 N_e との積で表わされるエネルギー P_e と、トルク T_r と回転数 N_r との積で表わされるエネルギー P_r とを等しくするのである。図4に照らせば、運転ポイントP1で運転されているエンジン150から出力されるトルク T_e と回転数 N_e とで表わされる動力を、トルク変換して、同一のエネルギーでトルク T_r と回転数 N_r とで表わされる動力としてリングギヤ軸126に出力するのである。前述したように、リングギヤ軸126に出

力された動力は、動力取出ギヤ128および動力伝達ギヤ111により駆動軸112に伝達され、ディファレンシャルギヤ114を介して駆動輪116、118に伝達される。したがって、リングギヤ軸126に出力される動力と駆動輪116、118に伝達される動力とはリニアな関係が成立するから、駆動輪116、118に伝達される動力は、リングギヤ軸126に出力される動力を制御することにより制御することができる。

【0039】図5に示す共線図ではサンギヤ軸125の回転数 N_s は正であったが、エンジン150の回転数 N_e とリングギヤ軸126の回転数 N_r とによっては、図6に示す共線図のように負となる場合もある。このときには、モータMG1では、回転の方向とトルクの作用する方向と同じになるから、モータMG1は電動機として動作し、トルク T_{m1} と回転数 N_s との積で表わされる電気エネルギー P_{m1} を消費する。一方、モータMG2では、回転の方向とトルクの作用する方向とが逆になるから、モータMG2は発電機として動作し、トルク T_{m2} と回転数 N_r との積で表わされる電気エネルギー P_{m2} をリングギヤ軸126から再生することになる。この場合、モータMG1で消費する電気エネルギー P_{m1} とモータMG2で再生する電気エネルギー P_{m2} とを等しくすれば、モータMG1で消費する電気エネルギー P_{m1} をモータMG2で丁度賄うことができる。

【0040】以上、実施例の動力出力装置110における基本的なトルク変換について説明したが、実施例の動力出力装置110は、こうしたエンジン150から出力される動力のすべてをトルク変換してリングギヤ軸126に出力する動作の他に、エンジン150から出力される動力（トルク T_e と回転数 N_e との積）と、モータMG1により再生または消費される電気エネルギー P_{m1} と、モータMG2により消費または再生される電気エネルギー P_{m2} とを調節することにより、余剰の電気エネルギーを見い出してバッテリー194を放電する動作としたり、不足する電気エネルギーをバッテリー194に蓄えられた電力により補う動作など種々の動作とすることもできる。

【0041】なお、以上の動作原理では、ブラネタリギヤ120やモータMG1、モータMG2、トランジスタ $Tr1$ ないし $Tr16$ などによる動力の変換効率を値1（100%）として説明した。実際には、値1未満であるから、エンジン150から出力されるエネルギー P_e をリングギヤ軸126に出力するエネルギー P_r より若干大きな値とするか、逆にリングギヤ軸126に出力するエネルギー P_r をエンジン150から出力されるエネルギー P_e より若干小さな値とする必要がある。例えば、エンジン150から出力されるエネルギー P_e を、リングギヤ軸126に出力されるエネルギー P_r に変換効率の逆数を乗じて算出される値とすればよい。また、モータMG2のトルク T_{m2} を、図5の共線図の状態ではモータMG1

により再生される電力に両モータの効率を乗じたものから算出される値とし、図6の共線図の状態ではモータMG1により消費される電力を両モータの効率で割ったものから算出すればよい。なお、ブラネタリギヤ120では機械摩擦などにより熱としてエネルギーを損失するが、その損失量は全体量からみれば極めて少なく、モータMG1、MG2に用いた同期電動機の効率は値1に極めて近い。また、トランジスタ $Tr1$ ないし $Tr16$ のオン抵抗もGTOなど極めて小さいものが知られている。したがって、動力の変換効率は値1に近いものとなるから、以下の説明でも、説明の容易のため、明示しない限り値1（100%）として取り扱う。

【0042】次に、こうした実施例の動力出力装置110におけるトルク制御の実際について図7および図8に例示するトルク制御ルーチンに基づき説明する。本ルーチンは、運転者が運転の開始の指示、例えばイグニッションスイッチをオンとした後に、所定時間毎（例えば、4msec毎）に繰り返し実行される。本ルーチンが実行されると、制御装置180の制御CPU190は、まず、サンギヤ軸125の回転数 N_s とリングギヤ軸126の回転数 N_r とを読み込む処理を実行する（ステップS100）。サンギヤ軸125の回転数 N_s はレゾルバ139により検出されるサンギヤ軸125の回転角度 θ_s から求めることができ、リングギヤ軸126の回転数 N_r はレゾルバ149により検出される回転角度 θ_r から求めることができる。

【0043】続いて、充電容量検出器199によって検出されるバッテリー194の充電容量SOCと、バッテリー温度検出器200によって検出されるバッテリー温度 B_t とを検出する処理を行なう（ステップS102）。さらに、アクセルペダルポジションセンサ164aによって検出されるアクセルペダルポジションAPを入力する処理を行なう（ステップS103）。アクセルペダル164は運転者が出力トルクが足りないと感じたときに踏み込まれるものであるから、アクセルペダルポジションAPは運転者の欲している出力トルク（すなわち、駆動輪116、118に出力すべきトルク）に対応するものとなる。アクセルペダルポジションAPを読み込むと、読み込んだアクセルペダルポジションAPとリングギヤ軸126の回転数 N_r とに基づいてリングギヤ軸126に出力すべきトルクの目標値であるトルク指令値 Tr^* を導出する処理を行なう（ステップS104）。ここで、駆動輪116、118に出力すべきトルクを導出せず、リングギヤ軸126に出力すべきトルクを導出するのは、リングギヤ軸126は動力取出ギヤ128、動力伝達ギヤ111およびディファレンシャルギヤ114を介して駆動輪116、118に機械的に結合されているから、リングギヤ軸126に出力すべきトルクを導出すれば、駆動輪116、118に出力すべきトルクを導出する結果となるからである。なお、実施例では、リング

ギヤ軸 126 の回転数 N_r とアクセルペダルポジション AP とトルク指令値 T_r^* との関係を示すマップを予め ROM190b に記憶しておき、アクセルペダルポジション AP が読み込まれると、読み込まれたアクセルペダルポジション AP とリングギヤ軸 126 の回転数 N_r と ROM190b に記憶したマップとに基づいてトルク指令値 T_r^* の値を導出するものとした。このマップの一例を図 9 に示す。

【0044】次に、導出したトルク指令値 T_r^* とリングギヤ軸 126 の回転数 N_r とから、リングギヤ軸 126 に出力すべきエネルギー P_r を計算 ($P_r = T_r^* \times N_r$) により求め (ステップ S106)、求めたエネルギー P_r に基づいてエンジン 150 の目標トルク T_e^* と目標回転数 N_e^* とを設定する処理を行なう (ステップ S108)。ここで、エンジン 150 から出力するエネルギー P_e はそのトルク T_e と回転数 N_e との積に等しいから、リングギヤ軸 126 に出力すべきエネルギー P_r とエンジン 150 の目標トルク T_e^* および目標回転数 N_e^* との関係は $P_r = P_e = T_e^* \times N_e^*$ となる。この関係を満足するエンジン 150 の目標トルク T_e^* と目標回転数 N_e^* との組み合わせは無数に存在する。そこで、実施例では、実験などにより各エネルギー P_r に対してエンジン 150 ができる限り効率の高い状態で運転され、かつエネルギー P_r の変化に対してエンジン 150 の運転状態が滑らかに変化する運転ポイントを目標トルク T_e^* と目標回転数 N_e^* との組み合わせとして求め、これを予め ROM190b にマップとして記憶しておき、エネルギー P_r に対応する目標トルク T_e^* と目標回転数 N_e^* との組み合わせをこのマップから導出するものとした。このマップについて、更に説明する。

【0045】図 10 は、エンジン 150 の運転ポイントとエンジン 150 の効率との関係を示すグラフである。図中曲線 B はエンジン 150 の運転可能な領域の境界を示す。エンジン 150 の運転可能な領域には、その特性に応じて効率が同一の運転ポイントを示す曲線 $\alpha 1$ ないし $\alpha 6$ のような等効率線を描くことができる。また、エンジン 150 の運転可能な領域には、トルク T_e と回転数 N_e との積で表わされるエネルギーが一定の曲線、例えば曲線 C1-C1 ないし C3-C3 を描くことができる。こうして描いたエネルギー一定の曲線 C1-C1 ないし C3-C3 に沿って各運転ポイントの効率をエンジン 150 の回転数 N_e を横軸として表わすと図 11 のグラフのようになる。

【0046】図示するように、出力するエネルギーが同じでも、どの運転ポイントで運転するかによってエンジン 150 の効率は大きく異なる。例えばエネルギー一定の曲線 C1-C1 上では、エンジン 150 を運転ポイント A1 (トルク T_{e1} , 回転数 N_{e1}) で運転することにより、その効率を最も高くすることができる。このような効率が最も高い運転ポイントは、出力エネルギー一定の曲

線 C2-C2 および C3-C3 ではそれぞれ運転ポイント A2 および A3 が相当するように、各エネルギー一定の曲線上に存在する。図 10 中の曲線 A は、これらのことに基づき各エネルギー P_r に対してエンジン 150 の効率ができる限り高くなる運転ポイントを連続する線で結んだものである。実施例では、この曲線 A 上の各運転ポイント (トルク T_e , 回転数 N_e) とエネルギー P_r との関係をマップとしたものを用いてエンジン 150 の目標トルク T_e^* と目標回転数 N_e^* とを設定した。

【0047】ここで、曲線 A を連続する曲線で結ぶのは、エネルギー P_r の変化に対して不連続な曲線によりエンジン 150 の運転ポイントを定めると、エネルギー P_r が不連続な運転ポイントを跨いで変化するときエンジン 150 の運転状態が急変することになり、その変化の程度によっては、目標の運転状態にスムーズに移行できずノッキングを生じたり停止してしまう場合があるからである。したがって、このように曲線 A を連続する曲線で結ぶと、曲線 A 上の各運転ポイントがエネルギー一定の曲線上で最も効率が高い運転ポイントとならない場合もある。なお、図 10 中、トルク T_{emin} と回転数 N_{emin} とにより表わされる運転ポイント A_{min} は、エンジン 150 から出力可能な最小エネルギーの運転ポイントである。

【0048】エンジン 150 の目標トルク T_e^* と目標回転数 N_e^* とを設定すると、制御 CPU190 は、上述した式 (2) にエンジン 150 の回転数 N_e に代えてエンジン 150 の目標回転数 N_e^* を代入することにより、サンギヤ軸 125 の目標回転数 N_s^* を計算する (ステップ S110)。

【0049】続いて、制御 CPU190 は、ステップ S102 で取り込んだバッテリー 194 の充電容量 SOC とバッテリー温度 B_t とに基づいて、バッテリー 194 が出力可能な最大出力容量 W_{out} を導出する処理を行なう (ステップ S112)。具体的には、充電容量 SOC とバッテリー温度 B_t と最大出力容量 W_{out} との関係を示す 3 次元マップを予め ROM190b に記憶しておき、ステップ S102 で取り込んだ充電容量 SOC とバッテリー温度 B_t とを用いて、ROM190b に記憶した 3 次元マップを参照することでバッテリー 194 が出力可能な最大出力容量 W_{out} を導出するものとした。この 3 次元マップの一例を図 12 に示した。図 12 に示すように、最大出力容量 W_{out} は、充電容量 SOC が大きい程、また、バッテリー温度 B_t が高くも低くもない適温に近づく程、大きな値をとるように定められている。

【0050】続いて、制御 CPU190 は、ステップ S112 で導出したバッテリー 194 が出力可能な最大出力容量 W_{out02} に基づいて、後述する 1 次遅れ制御に用いる時定数 T_0 を設定する処理を行なう (ステップ S114)。具体的には、最大出力容量 W_{out} と時定数 T_0 の関係を示す 2 次元マップを予め ROM190b に

記憶しておき、ステップS112で導出した最大出力容量 W_{out} を用いて、ROM190bに記憶した2次元マップを参照することで時定数 T_0 を導出するものとした。この2次元マップの一例を図13に示した。図13に示すように、時定数 T_0 は、最大出力容量 W_{out} が大きくなる程、大きな値をとるように定められている。

【0051】なお、この実施例では、ステップS112とステップS114の双方を用いて、バッテリー194の充電容量SOCとバッテリー温度 B_t とから時定数 T_0 を求めているが、この構成に替えて、図12と図13の双方を考慮した、充電容量SOCとバッテリー温度 B_t と時定数 t_0 との関係を示す3次元マップを用いて、充電容量SOCとバッテリー温度 B_t とから時定数 t_0 を直接求める構成とすることもできる。

【0052】図7に戻り、ステップS114で時定数 T_0 が設定されると、その後、制御CPU190は、ステップS106で求めたリングギヤ軸126に出力すべきエネルギー P_r が増加中の状態にあるか否かを判別する。ここで、否定判別、すなわち、エネルギー P_r が増加中の状態にないと判別された場合には、ステップS114で求めた時定数 T_0 を値0に一旦クリアする（ステップS118）とともに、時間カウンタ値 t を値0にクリアする（ステップS120）。時間カウンタ値 t は、エネルギー P_r が非増加中の状態から増加中の状態に切り替わった時点からの経過時間を示すもので、上述したように、エネルギー P_r が増加中の状態にないときに時間カウンタ値 t をクリアすることで、上記経過時間の計時開始点を定めている。ステップS120の実行後、処理をステップS122に進める。一方、ステップS116で肯定判別、すなわち、エネルギー P_r が増加中の状態にあると判別された場合には、ステップS114で求めた時定数 T_0 はそのままでステップS122に処理を進める。

【0053】ステップS122では、制御CPU190は、ステップS110で求めたサンギヤ軸125の目標回転数 N_e^* を時定数 T_0 の1次遅れ制御によって変換する処理を行なう。この処理は、詳細には、次式(5)の右辺に、サンギヤ軸125の目標回転数 N_e^* 、時間カウンタ値 t および時定数 T_0 を代入することで、新たな目標回転数 N_e^* を求めている。その後、制御CPU190は、時間カウンタ値 t を値1だけ更新する（ステップS124）。

$$Tm1^* \leftarrow Tr^* \times \rho + K1(Ns^* - Ns) + K2 \int (Ns^* - Ns) dt \quad \cdots \cdots (6)$$

【0058】続いて、サンギヤ軸125の回転数 N_s に基づいて次式(7)によりサンギヤ軸125の回転速度の変化率である角加速度 $d\omega_s$ を計算する（ステップS128）。ここで、「前回 N_s 」は、前回このルーチンが起動されたときにステップS100で入力されたサンギヤ軸125の回転数 N_s であり、 Δt は本ルーチンの起動間隔時間 Δt である。式(7)の右辺の分子の「2

*【0054】

【数4】

$$Ns^* \leftarrow \left(1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \right) \cdot Ns^* \quad \cdots \cdots (5)$$

【0055】図14は、ステップS122で実行される1次遅れ制御によって求められるサンギヤ軸125の目標回転数 N_e^* が時間の経過とともにどのように変化するかを示すグラフである。図示するように、サンギヤ軸125の目標回転数 N_e^* は、時間カウンタ値 t で示される時間、すなわち、エネルギー P_r が増加中の状態に切り替わってからの時間の経過に従って、最終値であるステップS110で計算された目標回転数 N_e^* の1倍の大きさに近づく。原点における接線 L_t と最終値との交点Pまでの時間が時定数 T_0 である。 T_0 が小さければ変化を示す曲線の立ち上がりは急になり応答は速く、 T_0 が大きければ立ち上がりは緩やかで応答は遅くなる。なお、ステップS118で時定数 T_0 が値0に設定された場合には、この1次遅れ制御によって求められる値は、ステップS110で計算された目標回転数 N_e^* の1倍の大きさ、すなわち、ステップS110で計算された値のままとなる。

【0056】制御CPU190は、ステップS124の実行後、図8のステップS126に処理を進めて、ステップS122で計算したサンギヤ軸125の目標回転数 N_s^* と導出したトルク指令値 Tr^* とを用いて次式

(6)によりモータMG1のトルク指令値 $Tm1^*$ を計算して設定する。ここで、式(6)中の右辺第1項は図5および図6の共線図における動作共線の釣り合いから求められ、右辺第2項は回転数 N_s の目標回転数 N_s^* からの偏差を打ち消す比例項であり、右辺第3項は定常偏差をなくす積分項である。したがって、モータMG1のトルク指令値 $Tm1^*$ は、定常状態（回転数 N_s の目標回転数 N_s^* からの偏差が値0のとき）では、動作共線の釣り合いから求められる右辺第1項の $Tr^* \times \rho$ に等しく設定されることになる。なお、式(6)中の $K1$ および $K2$ は、比例定数である。

【0057】

【数5】

π 」は、サンギヤ軸125の角速度 ω_s と回転数 N_s とが、 $\omega_s = 2\pi \times N_s$ [rad/sec]の関係にあることに基づく。なお、イグニッションスイッチがオンとされてから始めて本ルーチンが起動されたときには、本ルーチンが実行される前に実行される図示しない初期化ルーチンにより前回 N_s には値0が入力されるから、この値0が用いられる。

【0059】

【数6】

$$d\omega_s \leftarrow \frac{2\pi}{60} (N_s - \text{前回}N_s) \Delta t \quad \dots\dots(7)$$

【0060】こうしてサンギヤ軸125の角加速度 $d\omega_s$ を求めると、この角加速度 $d\omega_s$ を用いて次式(8)によりブラネタリギヤ120を介してリングギヤ軸126に出力されるトルク T_{er} を計算する(ステップS130)。ここで、式(8)中の右辺分子第2項の「 I_{me} 」は、ブラネタリギヤ120を介して機械的に結合されたモータMG1とエンジン150とからなる慣性系のモータMG1からみたモータMG1とエンジン150の慣性モーメントである。したがって、このモータMG1からみた慣性モーメント I_{me} にモータMG1のロータ132の角加速度 $d\omega_s$ を乗じたものは、サンギヤ軸125に作用するトルク(以下、慣性トルクという)となり、式(8)の右辺分子はサンギヤ軸125に作用するトルクの合力となる。なお、慣性トルクは慣性の法則により運動の変化の方向に対して逆向きに作用するから、エンジン150の運転ポイントを回転数 N_e が大きな運転ポイントへ変更したときを考えると、慣性トルクは、回転数 N_e の上昇を抑制する方向に作用することになり、リングギヤ軸126に作用するトルク T_{er} の計算式では負の符号をもつことになる。もとより、エンジン150の運転ポイントを回転数 N_e が小さな運転ポイントに変更するときには、慣性トルクは、回転数 N_e の減少を抑制する方向に作用する。また、エンジン150が定常運転状態にあるときには、サンギヤ軸125の角加速度 $d\omega_s$ は値0となるから、慣性トルクも値0となる。

【0061】

【数7】

$$T_{er} = \frac{T_{m1}^* - I_{me} \times d\omega_s}{\rho} \quad \dots\dots(8)$$

*

$$\begin{bmatrix} Id1 \\ Iq1 \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} -\sin(\theta_s - 120) \\ -\cos(\theta_s - 120) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Iu1 \\ Iv1 \end{bmatrix} \quad \dots\dots(9)$$

【0065】次に、2軸の電流値に変換した後、モータMG1におけるトルク指令値 T_{m1}^* から求められる各軸の電流指令値 I_{d1}^* 、 I_{q1}^* と実際各軸に流れた電流 I_{d1} 、 I_{q1} と偏差を求め、各軸の電圧指令値 V_{d1} 、 V_{q1} を求める処理を行なう(ステップS186)。すなわち、まず以下の式(10)の演算を行ない、次に次式(11)の演算を行なうのである。ここで、 K_{p1} 、 K_{p2} 、 K_{i1} 、 K_{i2} は、各々係数である。これらの係数は、適用するモータの特性に適合するよう調整される。なお、電圧指令値 V_{d1} 、 V_{q1} は、

【0062】このようにブラネタリギヤ120を介してリングギヤ軸126に出力されるトルク T_{er} を計算すると、モータMG2のトルク指令値 T_{m2}^ をトルク指令値 T_r^* からこのトルク T_{er} を減じて算出し設定する(ステップS132)。そして、設定した各設定値を用いてモータMG1、モータMG2およびエンジン150の各制御を行なう(ステップS134ないしS138)。実施例では、図示の都合上、モータMG1、モータMG2およびエンジン150の各制御を別々のステップとして記載したが、実際には、これらの制御は同時に平行的にかつ総合的に行なわれる。例えば、制御CPU190が割り込み処理を利用して、モータMG1とモータMG2の制御を同時に平行して実行すると共に、通信により指示を受けたEFI ECU170によりエンジン150の制御も同時に行なわせるのである。

【0063】モータMG1の制御(図7のステップS134)は、図15に例示するモータMG1の制御ルーチンによりなされる。このルーチンが実行されると、制御装置180の制御CPU190は、まず、サンギヤ軸125の回転角度 θ_s をレゾルバ139から入力する処理を行なう(ステップS180)。続いて、電流検出器195、196により、モータMG1の三相コイル134のU相とV相に流れている電流 I_{u1} 、 I_{v1} を検出する処理を行なう(ステップS182)。電流はU、V、Wの三相に流れているが、その総和はゼロなので、二つの相に流れる電流を測定すれば足りる。こうして得られた三相の電流を用いて座標変換(三相-二相変換)を行なう(ステップS184)。座標変換は、永久磁石型の同期電動機のd軸、q軸の電流値に変換することであり、次式(9)を演算することにより行なわれる。ここで座標変換を行なうのは、永久磁石型の同期電動機においては、d軸およびq軸の電流が、トルクを制御する上で本質的な量だからである。もとより、三相のまま制御することも可能である。

【0064】

【数8】

電流指令値 I^* との偏差 ΔI に比例する部分(式(11)右辺第1項)と偏差 ΔI の i 回分の過去の累積分(右辺第2項)とから求められる。

【0066】

【数9】

19

$$\begin{aligned}\Delta Id1 &= Id1^* - Id1 \\ \Delta Iq1 &= Iq1^* - Iq1\end{aligned}\quad \cdots(10)$$

$$\begin{aligned}Vd1 &= Kp1 \cdot \Delta Id1 + \sum Ki1 \cdot \Delta Id1 \\ Vq1 &= Kp2 \cdot \Delta Iq1 + \sum Ki2 \cdot \Delta Iq1\end{aligned}\quad \cdots(11)$$

【0067】その後、こうして求めた電圧指令値をステ*

$$\begin{aligned}\begin{bmatrix} Vu1 \\ Vv1 \end{bmatrix} &= \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta_s & -\sin \theta_s \\ \cos(\theta_s - 120) & -\sin(\theta_s - 120) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Vd1 \\ Vq1 \end{bmatrix} \\ Vw1 &= -Vu1 - Vv1\end{aligned}\quad \cdots(12)$$

【0069】実際の電圧制御は、第1の駆動回路191のトランジスタTr1ないしTr6のオンオフ時間によりなされるから、式(12)によって求めた各電圧指令値となるよう各トランジスタTr1ないしTr6のオン時間をPWM制御する(ステップS189)。

【0070】ここで、モータMG1のトルク指令値Tm1*の符号を図5や図6の共線図におけるトルクTm1の向きを正とすれば、同じ正の値のトルク指令値Tm1*が設定されても、図5の共線図の状態のようにトルク指令値Tm1*の作用する向きとサンギヤ軸125の回転の向きとが異なるときには回生制御がなされ、図6の共線図の状態のように同じ向きのときには力行制御がなされる。しかし、モータMG1の力行制御と回生制御は、トルク指令値Tm1*が正であれば、ロータ132の外周面に取り付けられた永久磁石135と三相コイル134に流れる電流により生じる回転磁界とにより正のトルクがサンギヤ軸125に作用するよう第1の駆動回路191のトランジスタTr1ないしTr6を制御するものであるから、同一のスイッチング制御となる。すな

わち、トルク指令値Tm1*の符号が同じであれば、モータMG1の制御が回生制御であっても力行制御であっても同じスイッチング制御となる。したがって、図15のモータMG1の制御ルーチンで回生制御と力行制御のいずれも行なうことができる。また、トルク指令値Tm1*が負のときには、ステップS180で読み込むサンギヤ軸125の回転角度 θ_s の変化の方向が逆になるだけであるから、このときの制御も図15のモータMG1の制御ルーチンにより行なうことができる。

【0071】なお、モータMG1のトルク指令値Tm1*に値0が設定されたときでも、図15のモータMG1の制御ルーチンによりモータMG1を制御することは可能であるが、このときにはトランジスタTr1ないしTr6のすべてをオフとする制御としてもよい。

【0072】次に、モータMG2の制御処理(図8のステップS136)について図16に例示するモータMG2の制御ルーチンに基づき説明する。モータMG2の制御処理は、モータMG1の制御処理うちトルク指令値Tm1*とサンギヤ軸125の回転角度 θ_s に代えてトルク指令値Tm2*とリングギヤ軸126の回転角度 θ_r

20

* ップS184で行なった変換の逆変換に相当する座標変換(二相-三相変換)を行ない(ステップS188)、実際に三相コイル134に印加する電圧Vu1, Vv1, Vw1を求める処理を行なう。各電圧は、次式(12)により求める。

【0068】

【数10】

とを用いる点を除き、モータMG1の制御処理と全く同一である。すなわち、リングギヤ軸126の回転角度 θ_r をレゾルバ149を用いて検出し(ステップS190)、続いてモータMG2の各相電流を電流検出器197, 198を用いて検出し(ステップS192)、その後、座標変換(ステップS194)および電圧指令値Vd2, Vq2の演算を行ない(ステップS196)、更に電圧指令値の逆座標変換(ステップS198)を行なう。モータMG2の第2の駆動回路192のトランジスタTr1ないしTr6のオンオフ制御時間を求め、PWM制御を行なう(ステップS199)。

【0073】ここで、モータMG2もトルク指令値Tm2*の向きとリングギヤ軸126の回転の向きとにより力行制御されたり回生制御されたりするが、モータMG1と同様に、力行制御も回生制御も共に図16のモータMG2の制御処理で行なうことができる。なお、実施例では、モータMG2のトルク指令値Tm2*の符号は、図5の共線図の状態のときのトルクTm2の向きを正とした。

【0074】次に、エンジン150の制御(図8のステップS138)について説明する。エンジン150は、その目標とする運転ポイントが目標トルクTe*と目標回転数Ne*とによって設定されると、設定された運転ポイントで定常運転状態となるようエンジン150のトルクTeと回転数Neとが制御される。具体的には、制御CPU190から通信によりEFI ECU170に指示を送信し、燃料噴射弁151からの燃料噴射量やスロットルバルブ166の開度を増減して、エンジン150の出力トルクが目標トルクTe*に、回転数が目標回転数Ne*になるように徐々に調整するのである。なお、上述した式(6)に示すように、エンジン150の回転数NeはモータMG1によるサンギヤ軸125の回転数Nsの制御によって行なわれるから、エンジン150の制御では、エンジン150から目標トルクTe*が出力されるようスロットルバルブ166の制御および吸入空気量に対する空燃比制御となる。なお、エンジン150の運転の停止指令が制御CPU190から出力されたときには、スロットルバルブ166を全閉すると共に燃料噴射の停止および点火の停止の処理となる。

【0075】以上説明した実施例の動力出力装置110によれば、エンジン150の運転ポイントを変更したときに運転ポイントを変更するのに必要な慣性トルクを算出し、この慣性トルクを考慮してモータMG2のトルク指令値 T_{m2}^* を算出し、モータMG2を駆動するから、エンジン150の運転ポイントを変更する過渡時においても、運転者が欲するトルクをリングギヤ軸126、延いては駆動軸116、118に出力することができる。また、エンジン150が定常運転状態にあるときには、サンギヤ軸125の角加速度 $d\omega_s$ は値0となるから、ブラネタリギヤ120を介してリングギヤ軸126に出力されるトルク T_{er} は図5および図6の共線図における動作共線の釣り合いにより求められることになるから、運転者が欲するトルクをリングギヤ軸126に出力することができる。したがって、リングギヤ軸126にトルクショックの少ない滑らかな過渡特性を得ることができる。もとより、実施例の動力出力装置110によれば、エンジン150から出力されるエネルギー P_e を所望のトルクと回転数とからなる動力にトルク変換してリングギヤ軸126に出力することができる。

【0076】特にこの実施例では、駆動軸112に出力すべき要求動力に相当する出力エネルギー P_r が増加する過渡時においては、サンギヤ軸125の目標回転数 N_s^* を1次遅れ制御により徐々に所望の値に移行するように目標回転数 N_s^* の応答の速さを抑制していることから、その出力エネルギー P_r の増大に緩やかに追従して、サンギヤ軸125の回転数 N_s の制御によって決まるエンジン150の回転数 N_e が変動することになる。このとき、そのモータMG1およびエンジン150の制御に伴って駆動軸112から出力される動力に基づいてモータMG2の制御がなされることから、エンジン150の回転数 N_e を緩やかに変動させたことによって要求動力からみて不足する動力分が、モータMG2から出力される動力で補われることになる。

【0077】したがって、この実施例の動力出力装置110によれば、要求動力に相当する出力エネルギー P_r が増大する過渡時において、駆動軸112への出力動力に不足が生じることもなしに、エンジン150の回転数 N_e の急激な変動を抑えることができる。この結果、エンジン回転数 N_e の変動によって発生するエンジン150からの発生する騒音を抑えることができる。また、エンジン回転数 N_e の無駄な切り替えがなくなることからモータMG1における無駄なエネルギー消費を抑えることもできる。さらに、アクセル踏込時のエンジン回転数の急変を抑えながらも、モータMG2により駆動軸の出力が向上することから、運転者にとって静かでトルク感にあふれた乗り心地を提供することができる。

【0078】なお、この実施例では、制御CPU190とその制御CPU190によるステップS103ないしS106により、この発明の要求動力設定手段の構成が

実現されており、制御CPU190とその制御CPU190によるステップS108により、この発明の運転状態設定手段の構成が実現されており、制御CPU190とその制御CPU190によるステップS110～S130、S134により、この発明の原動機制御手段の構成が実現されており、制御CPU190とその制御CPU190によるステップS132およびS136により、この発明の電動機制御手段の構成が実現されており、制御CPU190とその制御CPU190によるステップS112ないしS124により、この発明の遅れ制御手段の構成が実現されている。

【0079】この実施例の動力出力装置110では、サンギヤ軸125の角加速度 $d\omega_s$ を求め、これをモータMG1からみたモータMG1とエンジン150とからなる慣性系の慣性モーメントに乗じてサンギヤ軸125に作用する慣性トルクを算出し、ブラネタリギヤ120を介してリングギヤ軸126に出力されるトルク T_{er} を求めたが、クランクシャフト156の角加速度 $d\omega_e$ を求め、これをエンジン150からみたエンジン150とモータMG1とからなる慣性系の慣性モーメントに乗じてクランクシャフト156に作用する慣性トルクを求め、これに基づいてトルク T_{er} を算出するものとしてもよい。この場合、例えば、図7および図8に例示するトルク制御ルーチンのステップS128およびS130の処理に代えて、図17に例示するトルク制御ルーチンのステップS214ないしS216の処理を実行するものとするばよい。この処理では、エンジン150の回転数 N_e を入力し（ステップS214）、入力した回転数 N_e に基づいてクランクシャフト156の角加速度 $d\omega_e$ を式(7)と同様な式により計算し（ステップS215）、この角加速度 $d\omega_e$ を用いて次式(13)によりトルク T_{er} を算出するのである（ステップS216）。式(13)中の右辺第2項の「 I_{em} 」は、ブラネタリギヤ120を介して機械的に結合されたエンジン150とモータMG1とからなる慣性系のエンジン150からみたエンジン150とモータMG1の慣性モーメントである。なお、エンジン150の回転数 N_e は、サンギヤ軸125の回転数 N_s とリングギヤ軸126の回転数 N_r とから式(2)を変形して求めるものとしてもよいし、クランクシャフト156にレゾルバを設置してこのレゾルバから検出されるクランクシャフト156の回転角度から求めてもよい。また、ディストリビュータ160に取り付けられた回転数センサ176により検出される信号をEFIECU170からの通信により入力するものとしてもよい。

【0080】

【数11】

$$T_{er} \leftarrow \frac{T_{m1}^*}{\rho} - \frac{I_{em} \times d\omega_e}{1 + \rho} \quad \cdots \cdots (13)$$

【0081】実施例の動力出力装置110では、リングギヤ軸126に出力すべきエネルギーPrに基づいてエンジン150の目標トルクTe*と目標回転数Ne*とを設定し、これをエンジン150から出力されるエネルギーPeにより賄うものとしたが、リングギヤ軸126に出力すべきエネルギーPrの一部をバッテリー194から供給される電気エネルギーにより賄うものとしたり、エネルギーPrより過剰なエネルギーPeを出力するようエンジン150を運転し、残余のエネルギーによりバッテリー194を充電するものとしてもよい。この場合、図7のトルク制御ルーチンのステップS108の計算式を次式(14)とすればよい。なお、この式(14)中のPbは、バッテリー194から充放電される電気エネルギーであり、バッテリー194を充電するときには正の値で、バッテリー194から放電するときには負の値となる。こうすれば、バッテリー194の充放電を行ないながらも、運転者の欲するトルクを安定してリングギヤ軸126に出力することができる。

【0082】

$$Pr + Pb = Te* \times Ne* \quad \dots (14)$$

【0083】なお、この構成の場合にも、上記実施例と同様に、出力エネルギーPrが増加する過渡時においては、サンギヤ軸125の目標回転数Ns*を1次遅れ制御により徐々に所望の値に移行するように目標回転数Ns*の変化の速さを抑制する。この構成により、第1実施例と同様の効果を奏することができる。

【0084】実施例の動力出力装置110では、エンジン150が継続して運転され、その運転ポイントが変更されたときについて説明したが、エンジン150の運転を停止する際の過渡時にも図7のトルク制御ルーチンを適用することができる。この場合、目標トルクTe*と目標回転数Ne*とに値0を設定すればよい。なお、エンジン150の運転を停止する場合には、例えば、リングギヤ軸126に出力すべきエネルギーPrがエンジン150から出力可能な最小のエネルギーPe(図10中、トルクTeminと回転数Neminにより表わされる運転ポイントAminにおけるエネルギーPe)より小さいときや、環境保全等の目的のため運転者がエンジン150を停止する指示を与えたときなどがある。

【0085】実施例の動力出力装置110では、エンジン150の効率が高くなるよう目標トルクTe*と目標回転数Ne*とを設定したが、エミッションが良くなるよう目標トルクTe*と目標回転数Ne*とを設定するものや、エンジン150の音が小さくなるよう目標トルクTe*と目標回転数Ne*とを設定するものとしてもよい。

【0086】実施例の動力出力装置110では、リングギヤ軸126に出力された動力をリングギヤ122に結合された動力取出ギヤ128を介してモータMG1とモータMG2との間から取り出したが、図18の変形例の

動力出力装置110Aに示すように、リングギヤ軸126を延出してケース119から取り出すものとしてもよい。また、図19の変形例の動力出力装置110Bに示すように、エンジン150側からブラネタリギヤ120、モータMG2、モータMG1の順になるよう配置してもよい。この場合、サンギヤ軸125Bは中空でなくともよく、リングギヤ軸126Bは中空軸とする必要がある。こうすれば、リングギヤ軸126Bに出力された動力をエンジン150とモータMG2との間から取り出すことができる。

【0087】以上は、ブラネタリギヤ120を用いた変形例であるが、図20に示すように、ブラネタリギヤ120を用いない構成をとってもよい。図20に示す構成では、図1におけるモータMG1およびブラネタリギヤ120に代えて、ロータ(インナロータ)234およびステータ(アウトロータ)232の双方が同じ軸中心に相対的に回転可能であり電磁継手として作用し得るクラッチモータMG3を用いている。クラッチモータMG3のアウトロータ232はエンジン150のクランクシャフト156に機械的に結合され、クラッチモータMG3のインナロータ234およびモータMG2のロータ142は駆動軸112Aに結合されている。モータMG2のステータ143はケース119に固定されている。

【0088】この構成では、ブラネタリギヤ120に代えて、クラッチモータMG3によりエネルギーの分配を行なう。クラッチモータMG3に入出力される電気的なエネルギーにより、インナロータ234とアウトロータ232の相対的な回転を制御し、エンジン150の動力を駆動軸112Aに伝達することができる。また、モータMG2のロータ132が駆動軸112Aに取り付けられているため、モータMG2を駆動源とすることもできる。さらに、エンジン150の動力によりモータMG3で発電することもできる。このような構成のハイブリッド車両でも、クラッチモータMG3によりエンジン150の運転が制御され、モータMG2により駆動軸に出力する動力のアシストがなされていることから、要求動力が増大する過渡時において、エンジン150の騒音が増大するため、本発明を適用することができる。

【0089】さらに、ハイブリッド車両は図21に示すような、いわゆるシリーズ式の構成であっても構わない。シリーズ式のハイブリッド車両では、エンジン150の出力軸は発電機Gに機械的に結合されている。駆動輪116、118には、モータMG4が動力伝達ギヤ111等を介して結合されているが、エンジン150は結合されてはいない。こうした構成をとるため、シリーズ式のハイブリッド車両では、エンジン150の動力は駆動輪116、118に伝達されることはなく発電機Gの運転に使われ、車両はバッテリー194の電力によりモータMG4を動かすことにより駆動される。

【0090】このような構成のシリーズ式のハイブリ

ッド車両では、制御ユニット 190B により、要求動力の増大の過渡時に、エンジンの運転状態を変化させる速さを抑制するようなようなエンジンの運転制御を行なうことにより、本発明を適用することができる。シリーズ式のハイブリッド車両は、エンジン 150 および発電機 G のトルクが直接駆動軸 312 に伝達されることはないものの、発電機 G のトルクの急変に伴うショックは車体を通じて乗員に体感されることになるため、本発明によるショックの低減効果は有効である。

【0091】また、前記実施例のステップ S122 では、時定数 T0 の 1 次遅れの制御を行っていたが、これに替えて、制御のゲインを切り替えたり、あるいは制御の不感帯を増加することで、サンギヤ軸 125 の目標回転数 N_{e*} に対する応答の速さを遅くする構成とすることもできる。

【0092】以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明はこうした実施の形態に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

【0093】例えば、上述した実施例の動力出力装置 110 では、エンジン 150 としてガソリンエンジンを用いたが、その他に、ディーゼルエンジンや、タービンエンジンや、ジェットエンジンなど各種の内燃あるいは外燃機関を用いることもできる。

【0094】また、実施例の動力出力装置 110 では、3 軸式動力入出力手段としてブラネタリギヤ 120 を用いたが、一方はサンギヤと他方はリングギヤとギヤ結合すると共に互いにギヤ結合しサンギヤの外周を自転しながら公転する 2 つ 1 組の複数組みのブラネタリビニオンギヤを備えるダブルビニオンブラネタリギヤを用いるものとしてもよい。この他、3 軸式動力入出力手段として 3 軸のうちいずれか 2 軸に入出力される動力を決定すれば、この決定した動力に基づいて残余の 1 軸に入出力される動力を決定されるものであれば如何なる装置やギヤユニット等、例えば、ディファレンシャルギヤ等を用いることもできる。

【0095】さらに、実施例の動力出力装置 110 では、モータ MG1 およびモータ MG2 に PM 形（永久磁石形；Permanent Magnet type）同期電動機を用いたが、回生動作および力行動作の双方が可能なものであれば、その他にも、VR 形（可変リラクタンス形；Variable Reluctance type）同期電動機や、バーニアモータや、直流電動機や、誘導電動機や、超電導モータや、ステップモータなどを用いることもできる。

【0096】あるいは、実施例の動力出力装置 110 では、第 1 および第 2 の駆動回路 191、192 としてトランジスタインバータを用いたが、その他に、IGBT（絶縁ゲートバイポーラモードトランジスタ；Insulated Gate Bipolar mode Transistor）インバータや、サイリスインバータや、電圧 PWM（パルス幅変調；Puls

e Width Modulation）インバータや、方形波インバータ（電圧形インバータ、電流形インバータ）や、共振インバータなどを用いることもできる。

【0097】また、バッテリー 194 としては、Pb バッテリ、NiMH バッテリ、Li バッテリなどを用いることができるが、バッテリー 194 に代えてキャパシタを用いることもできる。

【0098】以上の実施例では、動力出力装置を車両に搭載する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、船舶、航空機などの交通手段や、その他各種産業機械などに搭載することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例としての動力出力装置 110 の概略構成を示す構成図である。

【図 2】実施例の動力出力装置 110 の部分拡大図である。

【図 3】実施例の動力出力装置 110 を組み込んだ車両の概略の構成を例示する構成図である。

【図 4】実施例の動力出力装置 110 の動作原理を説明するためのグラフである。

【図 5】実施例におけるブラネタリギヤ 120 に結合された 3 軸の回転数とトルクの関係を示す共線図である。

【図 6】実施例におけるブラネタリギヤ 120 に結合された 3 軸の回転数とトルクの関係を示す共線図である。

【図 7】実施例の制御装置 180 により実行されるトルク制御ルーチンの前半部分を例示するフローチャートである。

【図 8】そのトルク制御ルーチンの後半部分を例示するフローチャートである。

【図 9】リングギヤ軸 126 の回転数 N_r とアクセルペダルポジション AP とトルク指令値 T_{r*} との関係を示す説明図である。

【図 10】エンジン 150 の運転ポイントと効率の関係を示すグラフである。

【図 11】エネルギー一定の曲線に沿ったエンジン 150 の運転ポイントの効率とエンジン 150 の回転数 N_e との関係を示すグラフである。

【図 12】充電容量 SOC とバッテリー温度 B_t と最大出力容量 W_{out} との関係を示す 3 次元マップを例示するグラフである。

【図 13】最大出力容量 W_{out} と時定数 T0 の関係を示す 2 次元マップを例示するグラフである。

【図 14】1 次遅れ制御によって求められるサンギヤ軸 125 の目標回転数 N_{e*} が時間の経過とともにどのように変化するかを示すグラフである。

【図 15】制御装置 180 の制御 CPU 190 により実行されるモータ MG1 の制御の基本的な処理を例示するフローチャートである。

【図 16】制御装置 180 の制御 CPU 190 により実行されるモータ MG2 の制御の基本的な処理を例示する

10

20

30

40

50

フローチャートである。

【図17】変形例のトルク制御ルーチンの一部を例示するフローチャートである。

【図18】変形例の動力出力装置110Aの概略構成を示す構成図である。

【図19】変形例の動力出力装置110Bの概略構成を示す構成図である。

【図20】電気分配式ハイブリッド車両の概略構成を示す説明図である。

【図21】シリーズ式ハイブリッド車両の概略構成を示す説明図である。

【符号の説明】

110…動力出力装置

110A～110C…動力出力装置

111…動力伝達ギヤ

112…駆動軸

114…ディファレンシャルギヤ

116, 118…駆動輪

117, 119…駆動輪

119…ケース

120…ブラネタリギヤ

121…サンギヤ

122…リングギヤ

123…ブラネタリピニオンギヤ

124…ブラネタリキャリア

125…サンギヤ軸

126…リングギヤ軸

128…動力取出ギヤ

129…チェーンベルト

132…ロータ

133…ステータ

134…三相コイル

135…永久磁石

139…レゾルバ

142…ロータ

143…ステータ

144…三相コイル

145…永久磁石

149…レゾルバ

*150…エンジン

151…燃料噴射弁

152…燃焼室

154…ピストン

156…クランクシャフト

158…イグナイタ

160…ディストリビュータ

162…点火プラグ

164…アクセルペダル

164a…アクセルペダルポジションセンサ

165…ブレーキペダル

165a…ブレーキペダルポジションセンサ

166…スロットルバルブ

167…スロットルバルブポジションセンサ

168…アクチュエータ

170…EFI ECU

172…吸気管負圧センサ

174…水温センサ

176…回転数センサ

20 178…回転角度センサ

179…スタータスイッチ

180…制御装置

182…シフトレバー

184…シフトポジションセンサ

190…制御CPU

190a…RAM

190b…ROM

191…第1の駆動回路

192…第2の駆動回路

30 194…バッテリー

195, 196…電流検出器

197, 198…電流検出器

199…充電容量検出器

200…バッテリー温度検出器

L1, L2…電源ライン

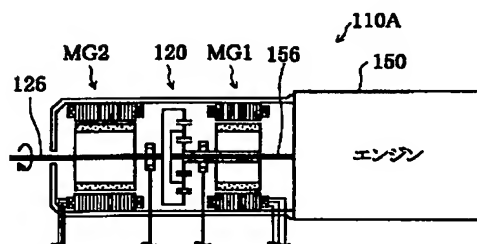
MG1…モータ

MG2…モータ

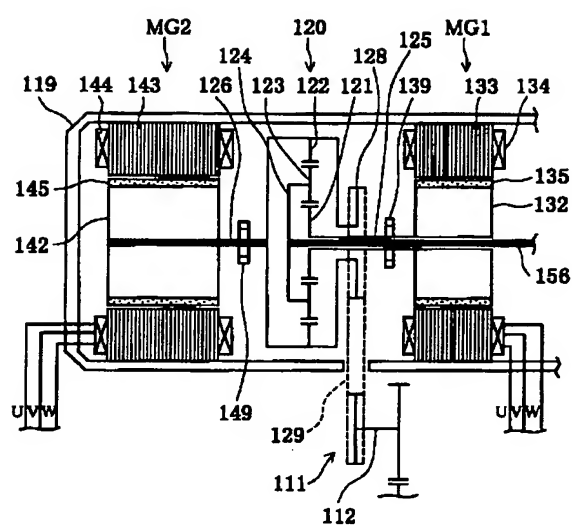
Tr1～Tr6…トランジスタ

* Tr11～Tr16…トランジスタ

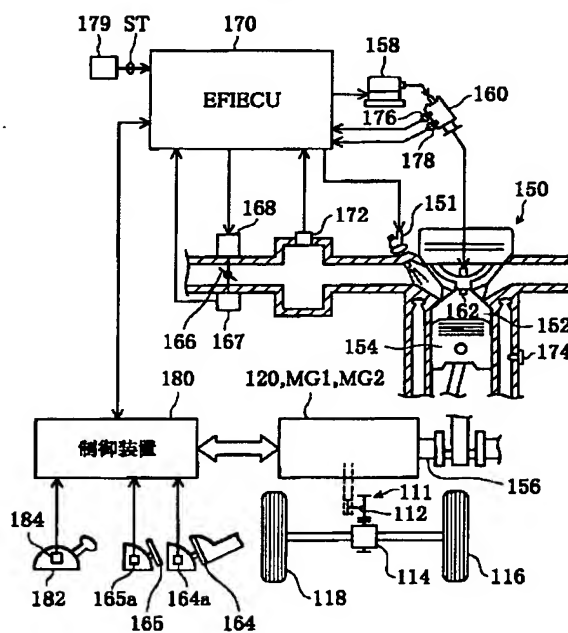
【図18】



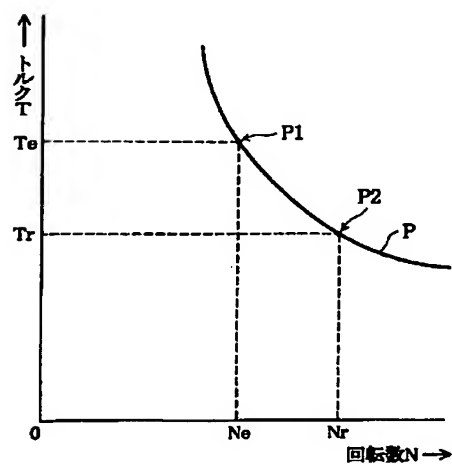
【圖2】



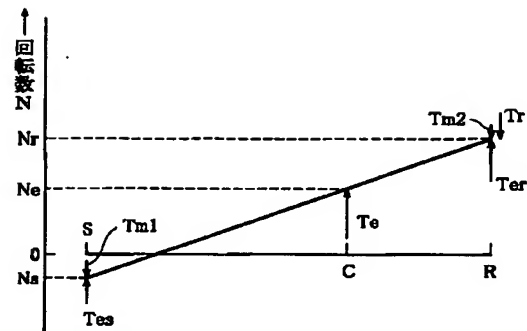
【図3】



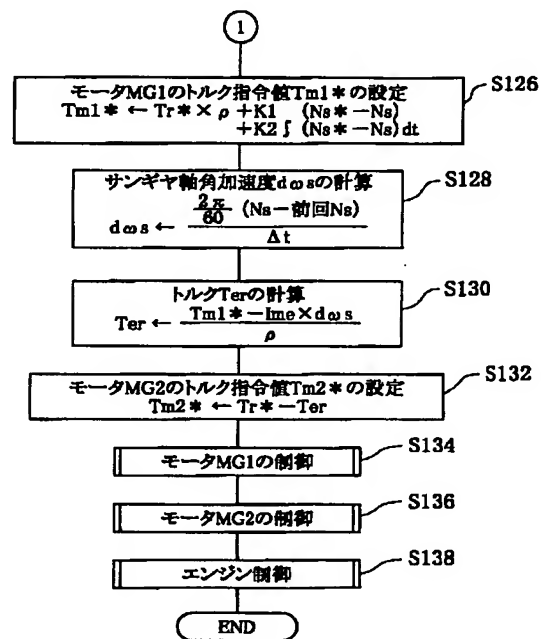
【図4】



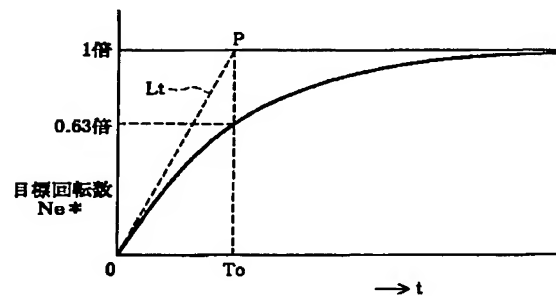
【図 6】



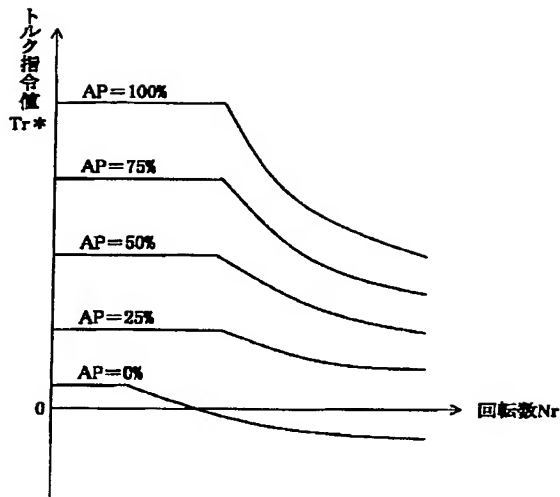
【圖8】



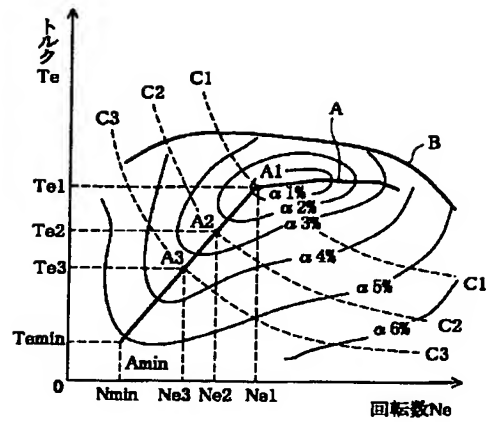
【圖 14】



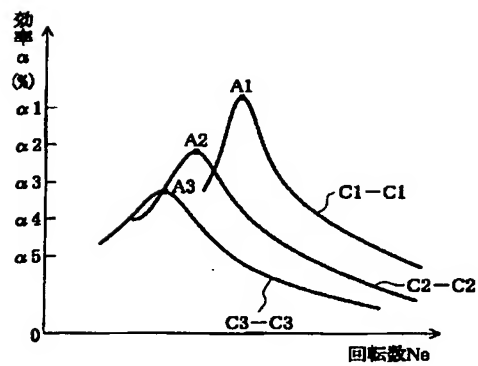
【図9】



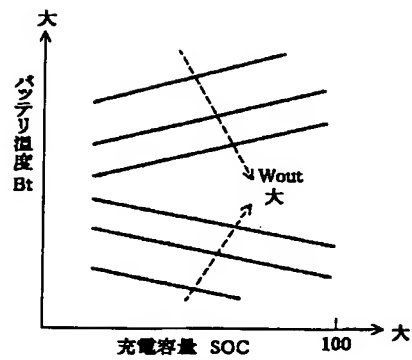
【図10】



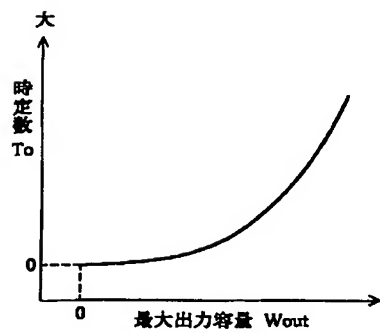
【図11】



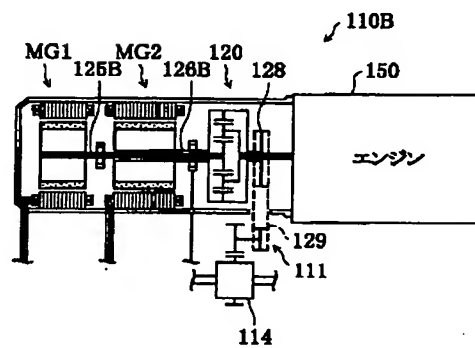
【図12】



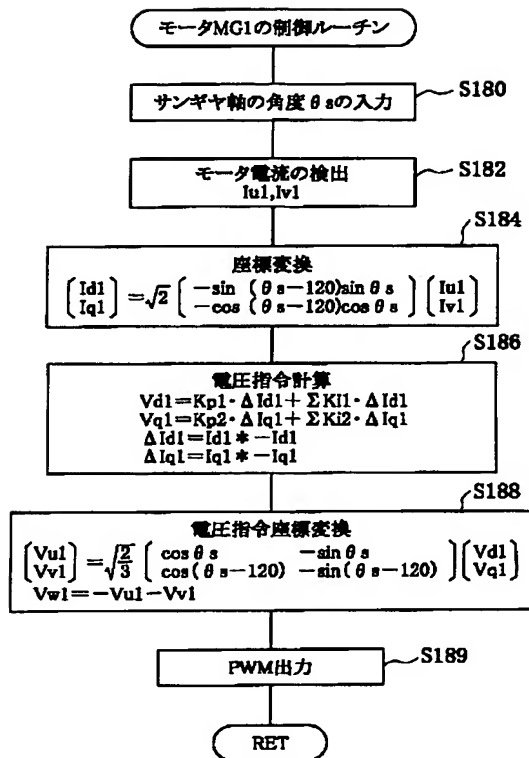
【図13】



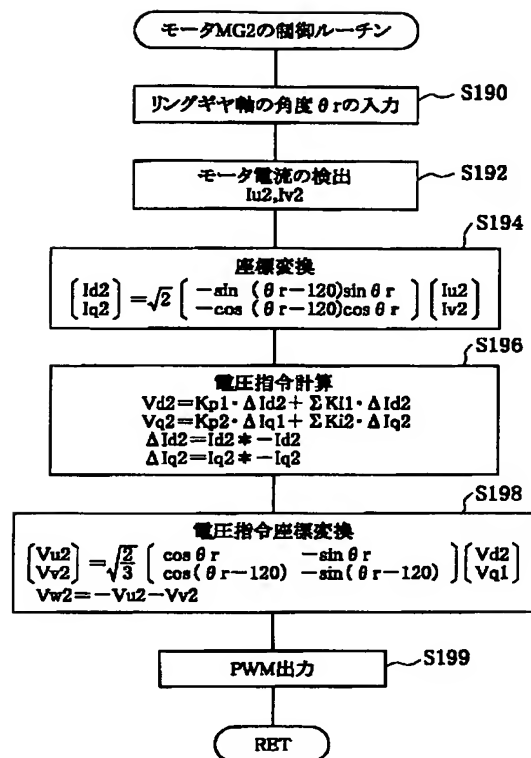
【図19】



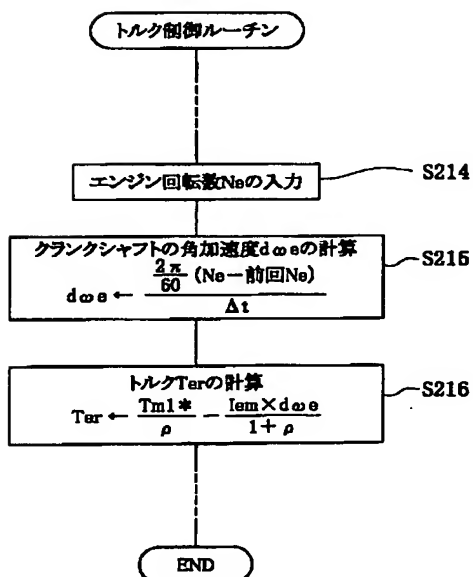
【図15】



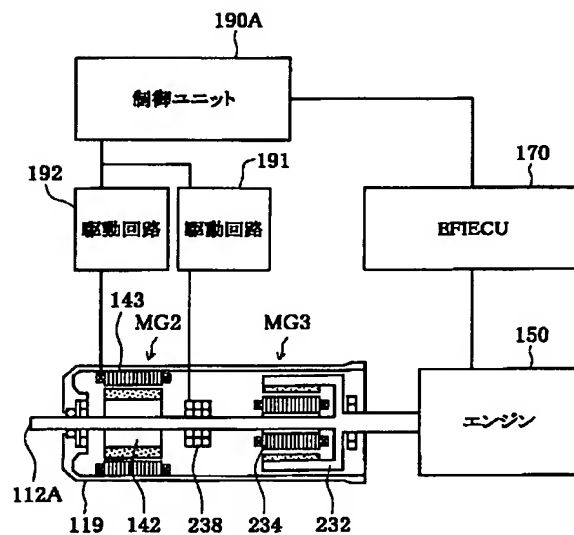
【図16】



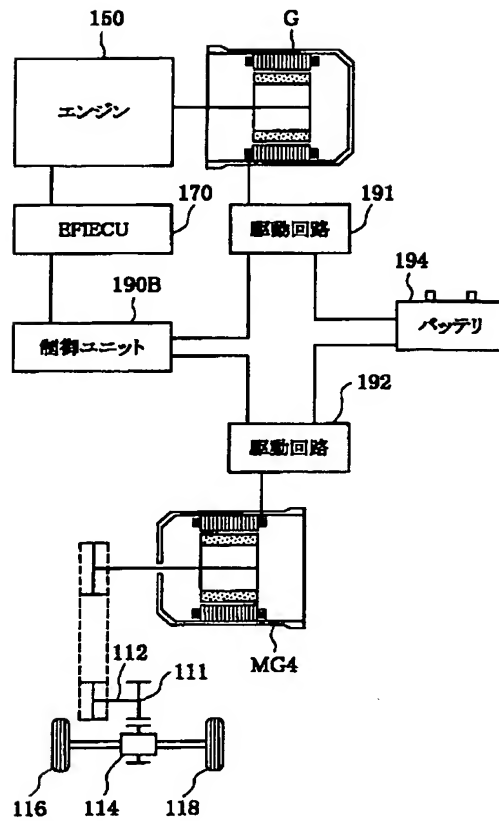
【図17】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3G093 AA07 AA16 AB00 AB01 BA19
 DA01 DA04 DA07 DA14 DB00
 DB20 EA03 EB00 FA10 FB04
 FB05
 5H115 PG04 PI16 PI29 PU10 PU24
 PU25 PV09 PV23 QN03 QN12
 RB08 RB22 RB26 RE04 SE05
 SJ12 SJ13 TE02 TE03 TE06
 TE08 TI02 TI04 TI06 TI07
 TI10 TO12 TO21 TO23

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.